R. Michel
Julio 75 1910

QK99
.A1
D867
1904
v.1

APUNTES DE BOTÁNICA MÉDICA

POR

LUCIO DURAÑONA

DOCTOR EN MEDICINA, PROFESOR DE LA MATERIA EN LA FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS
EX-PROFESOR DE HISTORIA NATURAL EN EL INSTITUTO LIBRE
DE SEGUNDA ENSEÑANZA
PROFESOR DE LA MISMA MATERIA EN EL COLEGIO NACIONAL

Y

JUAN A. DOMINGUEZ

FARMACÉUTICO, PROFESOR SUSTITUTO DE FARMACOGNOSIA EN LA FACULTAD
DE CIENCIAS MÉDICAS
DIRECTOR DEL MUSEO DE FARMACOLOGÍA
MIEMBRO DE LA ACADEMIA INTERNACIONAL DE GEOGRAFÍA BOTÁNICA (LE MANS)
LAUREADO POR LA HON. ACADEMIA DE MEDICINA
(PREMIO FELIX DE AZARA)

con un PROLOGO del

Dr. HANS SCHINZ

Profesor de Botánica en la Universidad de Zurich
y Director del Jardin y del
Museo Botánico de la misma Ciudad

TOMO Iº.

BUENOS AIRES

Estab. Tipo-Lito GALILEO, Moreno 1259

1904

MISSOURI BOTANICAL
GARDEN LIBRARY

PRÓLOGO

Cuando un manual de botánica está destinado á iniciar en esta ciencia no solo á los principiantes sino á los más adelantados y aun á aquellos á quienes ha sido confiada la enseñanza de esta ciencia, ese manual debe ilustrar mayormente los puntos que aun permanecen más oscuros.

Un tal manual debe pues ser redactado con arreglo á los conocimientos de la ciencia actual.

Lo autores de los APUNTES DE BOTÁNICA MÉDICA *han llenado tan bien esas condiciones que se puede felicitar muy sinceramente por su obra.*

Ser útil no solo para los principiantes sino tambien para los ya iniciados y aun para los maestros, constituye un escollo que no es fácil de evitar: en efecto, ó se cae en el error de una ejecución demasiado elemental, ó bien se pierde en discusiones de gran interés para el profesor, pero que no la tienen para los que por primera vez van ocuparse de nuestra ciencia.

Los autores de este manual han escapado felizmente de este peligro: han creado una obra excelente que cualquier pais podría reivindicar con honor.

El primer volumen está dedicado á la morfología interna (anatomía) y externa; se toma cuenta también las funciones de los tejidos, cuya exposición fisiológica responde á las exisgencias modernas.

El segundo volumen está reservado á la sistemática vegetal.

Una introducción histórica expone el sistema artificial de LINNEO, *los sistemas morfológicos naturales de* JUSSIEU *y* DE CANDOLLE, *así como el sistema natural filogenético del excelente observador francés Profesor* VAN TIEGHEM.

La parte esencialmente sistemática, comienza, muy consecuentemente, por el modo de vejetación de las plantas inferiores: las ALGAS, *y no como antes se usaba por las plantas superiores. Las descripciones están siempre de acuerdo con las últimas investigaciones y expuestas de una manera hábil.*

El título de la obra explica que las plantas oficinales sean las que preferentemente se mencionan.

Este manual de Botánica se recomienda, pues, muy especialmente á los que deséen poseer un conocimiento sólido del estado actual de la Botánica.

Para los estudiantes de Medecina y de Farmacia estos dos volúmenes constituirán una buena y seria base de estudio.

Zurich. Enero, de 1904.

DR. HANS SCHINZ
Profesor de Botánica en la Universidad de Zurich y Director del Jardín y Museo Botánico de la misma ciudad.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1 — **Definiciones** — La *Botánica* es la ciencia que se ocupa del estudio de los vegetales.

La Botánica se divide en *general* y *especial*, la primera estudia los caracteres generales de las plantas sin dividirlas en grupos determinados, y la segunda se basa en esos mismos caracteres para separar á los vegetales en grupos que faciliten el estudio del gran número de especies hoy día conocidas.

La Botánica general se divide en *Morfología* y *Fisiología*. Aquella se encarga del conocimiento de las formas vegetales, mientras que la Fisiología estudia las funciones.

Los vegetales pueden ser estudiados bajo el punto de vista de sus formas exteriores ó de su organización interna y de aqui que la Morfología se divida, á su vez, en *Morfología externa* y *Morfología interna*.

La Morfología interna es también llamada *Anatomía* ó *Histología vegetal* y adquiere sus datos, en la mayor parte de los casos, por la observación microscópica.

Si al estudiar las formas de los vegetales establecemos comparaciones entre las de los diferentes individuos, la Morfologia será *comparada*. La *Fisiologia vegetal* estudia las funciones ó sea los modos como

actúan las distintas formas vegetales: obtiene sus datos por medio de la observación y el experimento.

La *Embriologia*, que se ocupa del estudio del desarrollo de las plantas, tiene grandes puntos de contacto con la Morfología y con la Fisiología.

Como ramas que pueden comprenderse dentro de la Botánica general se encuentran la *Geografía botánica* y la *Paleontología*. La primera se ocupa del estudio de las plantas del punto de vista de su distribución en la superficie de la tierra en la edad actual del planeta y la segunda se ocupa del estudio de los vegetales que han existido en épocas pasadas.

La Botánica *especial* comprende la *Taxonomía* y la *Fitografía*. Aquella se ocupa del estudio de las clasificaciones, es decir, de las maneras en que es posible colocar á los vegetales para facilitar su estudio, base indispensable para que la Fitografía pueda describir las distintas modalidades de las plantas.

2—**Botánica pura y aplicada**—Bajo otro aspecto, la Botánica puede ser *pura* ó *aplicada*. Es *Botánica pura, científica* ó *teórica* (mal llamada así) cuando estudia á los vegetales por sí mismos, sin tomar en cuenta la utilidad que pueda reportarnos el conocimiento exacto de sus caracteres y propiedades, y es *Betanica práctica* ó *aplicada*, cuando, basándose en los datos suministrados por la primera, los aprovecha para obtener de ellos todo lo que pueda importar una aplicación inmediata para las necesidades humanas.

3 — **Botánica Médica**—SUS RELACIONES—Una de las ramas más importante de la Botánica aplicada es la *Botánica Médica*, que es la que se ocupa del estudio de los vegetales que directa ó indirectamente tengan alguna relación con las Ciencias Médicas. Así comprendida, la Botánica Médica, tiene límites muy vastos, mayores que los que generalmente se le asignan, puesto que para la mayor parte de los autores la Botánica Médica se reduce al estudio de las plantas que puedan suministrar medicamentos, y sin embargo, su plan debe ser más ámplio, debiendo estudiarse en ella todos los vegetales que con la Medicina, estén relacionados, como en la definición dejamos consignado.

Desde ese punto de vista, la Botánica Médica está ampliamente relacionada con la *Patologia*, por intermedio de la *Bacteriología* y la *Micología*, con la *Higiene* por medio de las mismas ramas y por el estudio de los vegetales que suministran alimentos, finalmente con la *Terapéutica*, por intermedio del gran número de plantas que gozan de propiedades medicinales.

Algunos de esos lazos de unión entre la Botánica Médica y las

Ciencias médicas, ya mencionadas, han adquirido tal importancia, que se han independizado, formando ciencias autónomas con sus límites bien marcados, tal sucede con la Materia Médica vegetal, la Bacteriología, etc., á pesar de lo cual, entra en nuestro estudio el conocimiento de los vegetales que suministran medicamentos, producen enfermedades ó son tóxicos, porque los consideraremos desde un punto de vista diferente del que los consideran las anteriores ciencias.

Ahora bien, constituyendo los vegetales el objeto de nuestro estudio es menester que tratemos de caracterizarlos de la mejor manera posible, estableciendo comparaciones con los animales para saber si hay medio de obtener uno ó más carácteres diferenciales absolutos, entre ambos grupos de cuerpos vivos.

4—**Caracteres diferenciales entre animales y vegetales**—Sabido es, que la diferenciación entre animales e vegetales, ateniéndonos á los grados superiores de la escala zoológica ó de la vegetal, es fácil, puesto qne tanto por sus formas cuanto por su organización y modo de vida se distinguen profundamente; pero en los grados inferiores de los dos reinos vivos la confusión es fácil y en todo tiempo se ha tratado de establecer caracteres diferenciales más ó menos exactos. Linneo se conformaba con mencionar su célebre aforismo: *Mineralia sunt, vegetalia sunt et crescunt, animalia sunt, crescunt et sentiunt;* pero el estudio más profundo de esos seres nos obliga á buscar carácteres más exactos de diferenciación. En los cuerpos vivos inferiores de ambos reinos, los carácteres de distinción entre uuos y otros son tan ambiguos que Hœckel renunciando á encontrar uno exacto reunió á todos esos seres en un reino aparte: el de los *protistas*, reino cuyos límites de separación de los animales y de los vegetales eran también confusos, por lo que no ha tenido mayor éxito esa idea.

Podemos decir que ninguno de los caracteres que nos sirven para diferenciar á unos y otros seres, es absoluto, pero si un cuerpo vivo presenta el mayor número de caracteres de animal ó de vegetal, podremos distinguirlo con bastante exactitud.

Organización—Si atendemos á la *organización* de plantas y animales podremos establecer diferencias en lo que se refiere á los grados superiores, puesto que la organización vegetal es más sencilla: con un número de órganos mucho menor, realiza un vegetal superior todas las funciones vitales para las que un animal superior necesita un número mucho mayor de órganos.

Forma—En lo referente á la *forma*, puede decirse que los vegetales la tienen menos determinada que los animales ó por lo menos, formas

susceptibles de variación dentro de límites más ámplios que las de los animales.

SENSIBILIDAD Y MOVIMIENTO—La propiedad de los animales de ser *sensibles* y poder *moverse* ha sido durante mucho tiempo el mejor y casi único medio de caracterización; pero hoy día sabemos, que si bien los animales son *sensibles*, muchos vegetales son *irritables* y que hay grandes dificultades para poder asignar á estos términos una significación perfectamente clara.

En cuanto al *movimiento*, entendiendo por tal el *cambio de lugar*, sabemos que hay vegetales que gozan de esa propiedad (bacterios, mixamíbeas) y animales que son, por lo menos en alguna época de su vida, sesiles.

INDIVIDUALIDAD Y CRECIMIENTO—Para los grados superiores de ambas escalas, podemos también mencionar como caracteres diferenciales los que se refieren á la *individualidad*, más marcada en los animales y al *crecimiento*, por decir así, indefinido, de los vegetales. Caracteres ambos que pierden toda su importancia cuando queremos aplicarlos á las formas primitivas de los reinos orgánicos.

COMPOSICIÓN QUÍMICA—Por lo que se refiere á la *composición química*, si bien los mismos elementos entran en la composición de unos y otros seres, esos elementos se combinan de diversas maneras para la formación de cuerpos ó principios inmediatos, cuya presencia casi exclusiva en uno ú otro reino puede servirnos para caracterizarlos.

Por lo pronto, en los animales predominan las sustancias azoadas y los hidratos de carbono en los vegetales. De estos hidratos de carbono, hay uno, la *celulosa*, cuya presencia es constante, ó poco menos, en el reino vegetal. La celulosa entra como sustancia principal en la composición química de la membrana celular y si bien algunos hongos (mixomicetas) carecen de ella durante algunas épocas de su vida, revisten luego á sus esporos de su correspondiente membrana celulósica.

Este caracter del vegetal, de poseer celulosa, siendo como es, el más importante medio diferencial entre unos y otros seres, no es sin embargo obsoluto, porqué, aparte de la excepción ya notada, hay animales que poseen una sustancia, cuya composición química y propiedades la asemejan muchísimo á la celulosa, nos referimos á la *tunícina*, que se encuentra en los Tunicados y al cuerpo análogo de la membrana fértil de los quistes hidatídicos.

Otro cuerpo que puede servirnos para la caracterización, aunque sea parcial, de los vegetales, es la *clorófila*, desgraciadamente, su presencia no es constante en las plantas y hay todo un gran grupo de vegetales qne no la poseen (Hongos).

NUTRICIÓN—Otra distinción que puede establecerse entre animales y vegetales es la referente al modo de nutrirse de unos y de otros cuerpos. Hay una especie de contraposición entre ambos, desde el punto de vista de las funciones nutritivas: los animales son seres destructores de materia orgánica; los vegetales son creadores. Los primeros se nutren con sustancias orgánicas de composición química ternaria ó cuaternaria (hidratos de carbono; grasas, albuminatos) y las reducen á combinaciones sencillas, generalmente binarias (agua, arhidrido carbónico) y los segundos, por el contrario, aprovechan las sustancias de combinación química sencilla y con ellas proceden á preparar hidratos de carbono, albuminatos, etc., sustancias que aprovechará el animal para la alimentación.

El vegetal produce en sus hojas verdaderas síntesis elaborando sus hidratos de carbono por la combinaeión directa del C. del anhidrido carbónico del aire y el agua que ha obtenido de la raíz. El vegetal para efectuar estas combinaciones absorbe calor, aprovecha la radiación solar, y los animales, por el contrario, producen fuerzas, como resultado de la destrucción ó simplificación de la materia orgánica creada por el vegetal.

La diferenciación por el modo de nutrirse es tambien relativa, porque solo se nutren así las plantas con clorófila y aún entre estas hay algunas como las *carnívoras* que usan para su alimentación procedimientos propios de los animales.

Vemos, pues, que el mejor carácter para distinguir á los animales de los vegetales es el de la presencia ó ausencia de la celulosa en las membranas de las células y que ni aún este es absoluto, puesto que hay animales que poseen en su cuerpo sustancias muy parecidas á la celulosa y hay hongos que no la poseen durante cierta época de su evolución (Mixomicetas).

De manera que para poder colocar un cuerpo vivo en uno ú otro reino orgánico, es necesario que se acumulen en uno de los dos el mayor número de los caracteres de diferenciación ya mencionados.

5—**Formas y organización de los vegetales**—La organización general de las plantas es relativamente más sencilla que la de los animales; basta recordar que un vegetal superior tiene su organización completa y está apto para desempeñar todas sus funciones, poseycndo tallo, hojas y raíces. Por lo que se refiere á las formas, se puede observar una variabilidad extremada, desde las plantas unicelulares hasta las de organización más completa.

Existe una evolución y complicación sucesiva de formas y organización, desde las mas insignificantes algas ó bacterios, hasta las dicotiledóneas, consideradas como los vegetales más complejos. Las primeras formas

vegetales las encontramos en las plantas unicelulares y entre ellas son de formas más sencillas las que son esferoidales ó elipsoidales.

Un grado más alto en el desarrollo de las formas, lo encontramos en los vegetales filamentosos, formados por hileras de células unidas por sus extremidades, formas, en las cuales, se puede encontrar ya, la tendencia hacia el crecimiento *acrópeto* de los vegetales superiores, ó sea la diferenciación entre una base que se fija y un vértice ó punto vegetativo por el cual crece el vegetal.

El crecimiento acrópeto se encuentra también en vegetales unicelulares (algas).

Si las células al dividirse lo hacen según dos de las direcciones del espacio que constituyen planicies celulares, estructuras que tienen anchura y longitud bien marcadas, pero cuyo espesor queda reducido al espesor de las células.

Finalmente, si las células al dividirse lo hacen según las tres direcciones del espacio se constituyen cuerpos pluricelulares macizos.

Hasta aquí no hay diferenciación bien marcada en la forma y estructura de las células del vegetal, con la particularidad, sin embargo, de que algunas plantas muy inferiores, en cuya organización no entra más que una ó pocas células, no diferenciadas, pueden afectar formas que las asemejen considerablemente á los vegetales superiores: tal sucede con las *Rodofíceas* ó *Florídeas*, algas que á pesar de tener una organización interna muy simple, afectan en su disposición externa la apariencia de tallos y de hojas.

Hasta aquí hemos estudiado vegetales de formas muy variadas, tan variadas, que no pueden ser reunidas en una descripción de conjunto, pero cuya característica, en cuanto se refiere á su organización, es la ausencia de órganos y la no diferenciación de sus células. Los vegetales así constituidos son llamados *talomáticos*, porque su cuerpo está representado por un *talus* ó *taloma*.

Sin saltos bruscos, las formas y la organización se ván perfeccionando; un paso más y encontramos plantas en las cuales el tallo vá adoptando formas que lo asemejan considerablemente á los vegetales *cormófitos*, ó sea, los que, como las plantas superiores tienen forma y organización completa: tallos, hojas y raíces. Pero como decíamos, la transición no es brusca, puesto que las *Briófitas* ó *Muscineas* consideradas como cormófitas rudimentarias, se dividen en dos clases, de las cuales la primera ó sea la de las *Hepáticas*, tiene formas talomáticas en las más inferiores, y pseudo-cormófitas en las mejor constituídas, fomando un lazo de unión con la segunda clase, los *Musgos*, entre los cuales encontramos ya verdaderos cormófitas, aunque muy rudimentarios en su estructura y solo reducidos á tallos y hojas de constitución muy sencilla y sin tejido fibro-vascu-

lar. Más adelante aún, nos encontraremos con plantas de estructura completa: las *Pteridófitas* ó *Criptógamas vasculares*, que poseen tallos, hojas, verdaderas raíces y tejido fibro-vascular, pero que carecen de los órganos característicos de la producción, llamados flores, única diferencia que las separa de las plantas superiores ó *Fanerógamas* que tienen formas exteriores y organización interior completa.

En resumen, pueden agruparse las distintas formas vegetales en cuatro grandes tipos, segun que haya ó no en ellas ciertos tejidos ú organos de gran importancia. En efecto, por un lado tenemos las plantas celulares, por el otro las vasculares: las primeras están formadas únicamente por células, poco ó nada diferenciadas, carecen de tejido fibro-vascular y de verdaderas raíces y las segundas poseen verdaderas raíces y tejido fibro-vascular. Ahora bien, las plantas celulares pueden ser puramente talomáticas, sin apariencia de órganos ó bien pueden ser cormófitas rudimentarias con hojas ó con tallos; y las vasculares pueden carecer de flores ó tenerlas; así es como se agrupan, en último análisis, todas las formas vegetales en cuatro grandes tipos, dentro de las cuales hay todavía gran diversidad de formas y organización, sobre todo en los tipos inferiores.

Todas estas particularidades de formas y organización, se sintetizan en el cuadro siguiente:

Plantas celulares	Sin órganos bien diferenciados	Talófitas.....	Vegetales talomáticos
	Con órganos rudimentarios	Musíneas ó Briófitas	Vegetales cormofitas
Plantas vasculares	Sin flores	Criptógamas vasculares ó Pteridófitas	
	Con flores	Fanerógamas	

CAPÍTULO II

ANATOMIA VEGETAL

CÉLULA

6. **Generalidades**—Desde las investigaciones de Mohl, se acepta que todo vegetal, ó cualquier parte de él, está formado por células más ó menos modificadas: veremos, en efecto, como los vasos y las fibras no son más que células transformadas, así como también, aceptaremos como un conjuto de células sin membrama á los plasmodios de las mixomicetas.

Las células vegetales fueron descubiertas por Roberto Hooke en 1667, quien les dió el nombre de células por encontrarlas parecidas á las celdillas de los panales de abejas, y bien estudiadas por Malpighi y Grew en 1671.

Las formas y las dimenciones de las células son sumamente variadas; sin embargo, podemos reducir todas esas formas á tres categorías, dentro de las cuales pueden colocarse la mayor parte de ellas; categorías que se establecen atendiendo á las dimensiones relativas de las células.

Las de la primera categoría ó células *isodiamétricas*, son aquellas que tienen sus tres diámetros principales, (altura, longitud y anchura), más ó menos iguales; el tipo de esta categoría lo realizaría la célula esferoidal, pero acostumbramos á colocar junto á ellas â las células poliédricas, á las ovoidades, á las que son ligeramente alargadas, cilíndricas prismáticas, etc.

A la segunda categoría pertenecen aquellas células que poseen dos de sus diámetros mucho mayores que el tercero, (longitud y anchura bien apreciables y espesor ó altura exiguos): á esta categoría pertene-

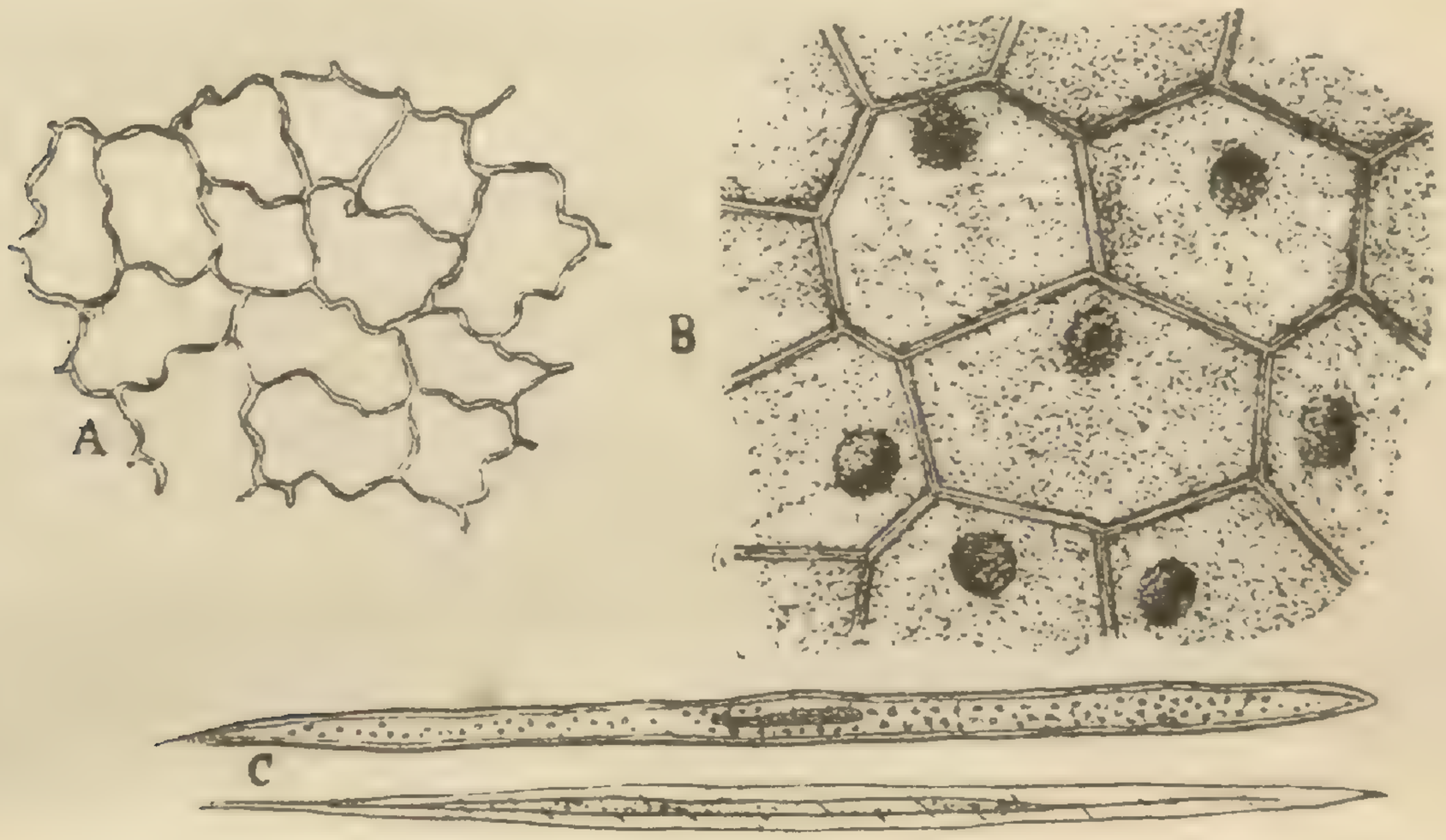


Fig. 1.—Formas celulares — a, células isodiamétricas (parénquima),— b, células aplanadas (epidérmicas)—c, células alargadas (fibras).

en las células epidérmicas, de contornos poligonales ó irregulares, pero siempre aplanadas.

Finalmente, á la tercera categoría de formas, pertenecen aquellos elementos histológicos en cuyas dimensiones uno de los diámetros es muchísimo mayor que los otros dos (longitud, mayor que anchura y espesor), tal como sucede con las fibras.

En lo que se refiere á las dimensiones de las células, baste recordar que pueden varíar dentro de límites extremos, que encontramos entre las talófitas. En la familia de las *Bacteriáceas* se encuentran las células vegetales más pequeñas, que pueden llegar á tener menos de un milésimo de milímetro de diámetro y en la clase de las **A***lgas* encontraremos células gigantes de 18 á 20 centímetros de longitud. Las células más ó menos transformadas conocidas con los nombres de fibras y de vasos pueden tener longitud muy grande, pero ser muy pequeñas en sus otras dos dimensiones: las fibras liberianas del cáñamo, lino, ramio, etc., pueden tener de cuatro á veintidos centímetros de longitud.

Una célula viva consta esencialmente de *membrana*, *protoplasma* y *núcleo* y como componentes secundarios, ó no constante de *jugo celular* y otros contenidos sólidos, entre los que predominan los *leucitos*. De todos estos factores, el protoplasma es el único que no puede faltar para que la célula pueda tener vida; pero en los vegetales hay muchos elementos histológicos (células, fibras y vasos), que prestan grandes servicios cooperando al fun-

cionamiento general, sin poseer protoplasma: son elementos muertos que desempeñan el papel de órganos de conducción ó de sostén, y que, primitivamente vivos, han quedado reducidos á la membrana, más ó menos transformada.

La existencia de la membrana es más constante en las células vegetales que en las animales.

En cuanto al núcleo, pocas veces falta: las investigaciones más modernas han reconocido la existencia de él, en células que eran consideradas como desprovistas de este componente y que, bien formando parte integrante del corpúsculo figurado, ó bien en solución en el protoplasma, las sustancias componentes de núcleo se encuentran siempre ó casi siempre.

En rigor puede admitirse que las células más elementales puedan estar reducidas á una partícula protoplasmática, pero tarde ó temprano ese protoplasma se reviste de una membrana ó aparecen en su interior algunos corpúsculos figurados.

En las células de los vegetales superiores, los leucitos y el jugo celular son también de una existencia bastante constanse y desempeñan importantísimo papel en la vida celular.

7—**Protoplasma**—El protoplasma que constituye la parte esencial de la célula, *la base física de la vida* (Huxley), es una sustancia heterogénea, de composición química muy compleja y que se nos presenta á la observación bajo diversos aspectos y consistencia, según su proveniencia, estado de actividad, edad de la célula, etc.

Aspecto—Generalmente granuloso, parece estar formado por una sustancia fundamental (hialoplasma) que lleva en suspensión pequeños gránulos que se disponen de diversas maneras.

Algunas talófitas presentan su protoplasma como una masa espumosa; en las células de los vegetales superiores las granulaciones del protoplasma se disponen con mayor ó menor regularidad, constituyendo algunas veces, una estructura en forma de redes ó mallas, cuyos puntos de entrecruzamiento se encuentran ocupados por las granulaciones (microsomas).

Estructura—Próximas al núcleo, pero perteneciendo al protoplasma, se encuentra en casi todas las células, aunque son difíciles de observar en las células vegetales, dos corpúsculos, formados cada uno de ellos, por una granulación homogénea central (centrósfera) y una aureola de granulaciones protoplasmáticas. Estos corpúsculos se llaman esferas atractivas ó directrices y son las que determinan la dirección en que va á hacerse la división del nucleo.

Es importante hacer notar que aún en el protoplasma de las células de vegetales inferiores y con mayor razón en el de los superiores, la parte fundamental ó hialoplasma es siempre mas condensada y presenta menor

número de granulaciones, (*ectoplasma* de Strasburger. en oposición á la parte interna más fluida y granulosa (endoplasma).

UTRÍCULO PRIMORDIAL — En las células provistas de membrana celulósica se encuentra siempre protoplasma rodeado por un ectoplasma tan condensado que forma una película cuya observación es más ó menos fácil según la especie vegetal de que se trate es el *utríco primordial* de Mohl. Esta película es de una importancia muy grande en la fisiología de la célula, puesto que es la que regula los intercambios del protoplasma, permitiendo ó impidiendo la entrada y salida de las sustancias que pueden nutrir ó ser nocivas para la vida de la sustancia fundamental.

Fig. 2—Protoplasma contraído ó en plamolisis — ú, utrículo primordial ó membrana albuminoidea.

Tratando células vivas, con abundante protoplasma, por una sustancia ávida de agua (glicerina, solución de sacarosa, etc.,) el protoplasma cede su agua y se retrae, pudiendo así apreciarse el utrículo primordial.

CONSISTENCIA—La consistencia del protoplasma es también variable, según múltiples condiciones, tales como la especie celular, la edad de la célula, la mayor ó menor cantidad de agua que posea, etc. Algunas veces se presenta con una consistencia viscosa, otras veces gelatinosa y en ocasiones, la consistencia del protoplasma puede llegar hasta la de la cera, en casos que, como en el *esclerozio* de algunos hongos, el protoplasma está en vida latente (estado de *plamolisis*).

LUGAR QUE OCUPA EN LA CÉLULA—En las células jóvenes y provistas de membrana el protoplasma ocupa toda la actividad celular, llenándola por completo, pero conforme la célula crece y se desarrolla y por la misma actividad vital del protoplasma, se acumulan pequeñas gotas de líquido (jugo celular) que, aisladas al principio, concluyen por unirse formando espacios cada vez mayores, hasta el extremo de que en algunos casos, el protoplasma es rechazado por completo contra la pared, de la célula, disponiéndose alrededor de una gran laguna central.

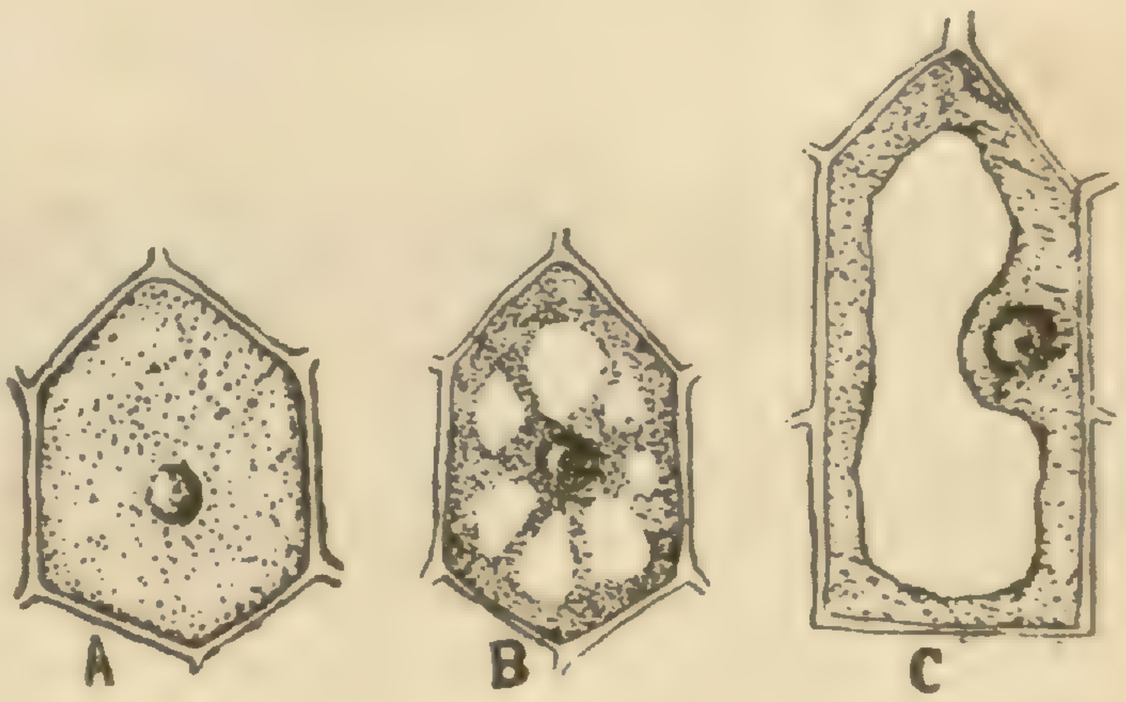


Fig. 3 — Protoplasma y jugo celular — A. célula joven llena de protoplasma — B. con vacuolos—C. con laguna central.

VACUOLOS—Esos espacios cuando son pequeños reciben el nombre

de *vacuolos*, y *lagunas* cuando son mayores; se encuentran separados del protoplasma ambiente, con el cual no se mezclan porque lo impide una delicada película de ectoplasma, (tonoplasto), análoga á la que hemos visto que se encontraba al rededor del protoplasma. Esa película regula los intercambios entre el protoplasma ambiente y el jugo encerrado en el vacuolo, permitiendo ó impidiendo el paso del agua y de las sustancias disueltas, según las necesidades de las células y los diversos grados de actividad.

HIDROLEUCITOS—Los vacuolos así constituídos, son los *hidroleucitos* de Van Tieghem que gozan dentro de la célula de una autonomía relativa que les permite crecer y dividirse (Véase más adelante leucitos).

MOVIMIENTOS—El protoplasma manifiesta su vitalidad por sus movimientos, por su nutrición y por su división.

Los movimientos del protoplasma pueden ser internos y externos' directos é indirectos. El movimiento *interno* se observa en el interior de algunas células bajo la forma de corrientes protoplasmáticas que se dirigen con velocidad variable en distintas direcciones. En el caso que la célula tenga su protoplasma dividido en fajas, ocupan generalmente posiciones constantes al rededor del núcleo y en contacto interno con la membrana celular, estando unidas ambas porciones por un número variable de filamentos protoplasmáticos; en tal caso las corrientes se hacen generalmente al rededor del núcleo y por las tiras, hacia la porción periferica y vice-versa, originándose así, corrientes centrífugas y centrípetas.

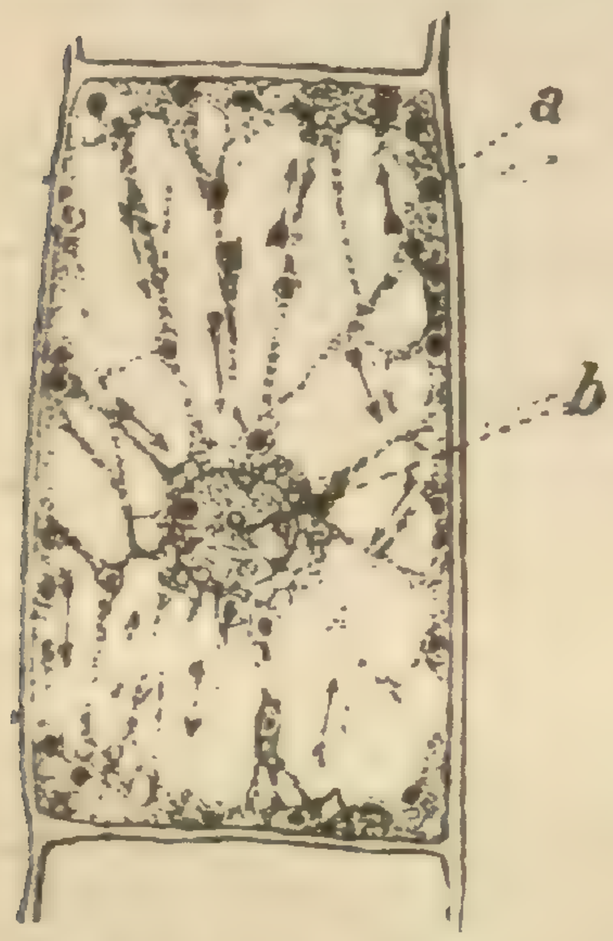


Fig. 4 — Movimiento del protoplosma.—a, cloroleucitos—b, núcleo. Las flechas indican la dirección de la corriente.

Cuando la célula posee una gran laguna central y el protoplasma ha sido rechazado á la periferia, se observa la corriente del protoplasma en forma circular: este movimiento se conoce con el nombre de *rotación* del protoplasma.

Los fenómenos del movimiento interno del protoplasma se observan con relativa facilidad en ciertos órganos vegetales, tales como los pelos estaminales de la *Tradescantia Virginica*, el *plasmodium* de algunas mixomicetas, las células del parénquima de las hojas *Volisneria Spiralis*, etc. Aún sin ningún artificio de preparación, es posible observar esos movimientos, sirviéndonos de puntos de mira ó de referencia los diversos corpúsculos y granulaciones contenidos en el protoplasma· En los movimientos exteriores de rotación de algunus células, pueden servir como puntos de referencia los cloroleucitos y hasta el mismo núcleo.

Los movimientos exteriores, con ó sin cambio de lugar se observan

en células desprovistas de membrana celulósica y es el ejemplo más típico el que nos suministra las *mixamíbeas* de las *Mixomicetas*, gérmenes que se comportan como verdaderas amíbeas (Protozoarios), en el sentido de que el protoplasma que forma á estos corpúsculos, es capaz de emitir prolongaciones, al mismo tiempo que se retrae en algún otro punto de su cuerpo, permitiendo que la mixamíbea en masa, pueda cambiar de lugar. Estos movimientos llamados *ameboidales*, por el parecido que tienen con el de las amíbeas, pueden observarse también en algunos zoósporos (gérmenes de algas) y constituyen movimientos exteriores y directos del protoplasma; pudiendo considerarse como externos é indirectos, los que se observan en los organismos con cilias ó pestañas vibrátiles, que aunque son también de orígen protoplasmático, parece como si la facultad del movimiento hubiera sido monopolizada por ellas. Esta forma de actividad del protoplasma se observa también en los zoósporos de algunas algas y en las gametas masculinas (anterozoides) de todas las Criptógamas.

Los movimientos del protoplasma son susceptibles de aumento ó disminución, según ciertas condiciones exteriores, de las que, la más importante es el calor. Existe á este respecto un *optimum* que varía entre 10° y 32°, por debajo y arriba del cual, los movimientos se hacen más lentos y por fin cesan.

Condiciones que activan el movimiento—El oxígeno y las corrientes eléctricas débiles obran también sobre el protoplasma, activando sus movimientos y probablemente su nutrición; el anhidrido carbónico, los vapores de éter y de cloroformo y los agentes físicos, ya mencionados, si pasan de cierto límite paralizan al protoplasma, y le matan, si su acción es continuada ó muy enérgica.

Comp osición.—El protoplasma es de una composición química muy compleja y muy variable, puesto que el principal caracter de la sustancia viva es la movilidad continua de sus moléculas; como el protoplasma se alimenta, respira etc.. continuamente tiene lugar en su masa reacciones y cambios, que dan por resultado la variabilidad de su composición. Sin embargo, puede decirse que las principales sustancias que entran en su composición son las albuminoideas y, en efecto, el protoplasma se comporta de igual manera que esos cuerpos, respecto á los reactivos.

Además de los reactivos propiamente quimicos que obran sobre el protoplasma precipitándolo, disolviéndolo, aclarándolo, etc., son muy importantes las sustancias colorantes, que lo tiñen de diversas maneras.

Nutrición.—El protoplasma se alimenta tomando del exterior ó de otra célula las sustancias necesarias, que pasan á través de los poros de la membrana celular y se filtran por la película condensada de su periferia hasta incorporarse á su masa. Esas sustancias pueden ser, ya elaboradas por las células vecinas, incorporándose en tal caso inmediatamente al pro-

toplasma, ó pueden ser sustancias minerales que el protoplasma transforma hasta hacerlas perfectamente asimilables.

Crecimiento. — La actividad nutritiva del protoplasma es muy grande en las células jóvenes y como consecuencia inmediata de esa actividad se observa el crecimiento, que, en las células jóvenes y bien alimentadas es muy rápido. La cantidad de agua que posee el protoplasma es variable y contribuye á darle mayor ó menor consistencia. En el protoplasma de células jóvenes el agua embebe por completo á toda la masa protoplásmática, pero conforme crece va depositando el exceso en los vacuolos que pueden, pués, considerarse como depósitos de jugo celular, que el protoplasma aprovechará cuando sea necesario para su actividad funcional.

Contenido de H^2O. — La cantidad de agua que puede contener el protoplasma puede ser hasta de 70 °/₀ en las células jóvenes. En el protoplasma de las células de tejidos que está en vida latente la cantidad de agua es mucho menor, como en los tejidos de las semillas, en el esclerozio de algunos hongos, etc. Y es en estas condiciones que el protoplasma puede resistir mejor á las altas temperaturas sin que su vida desaparezca.

Hay esporos de bacterios que resisten á temperaturas mayores de 100°.

8—**Núcleo** — Constancia. — El núcleo se encuentra en casi todas las células vivas y si bien es cierto que hay aún algunas en las que las más cuidadosas investigaciones no han podido revelar su presencia, aún en esos casos los reactivos propios de las sustancias nucleares manifiestan que, si no está figurado, por lo menos existen en la parte central del protoplasma las sustancias propias de él.

Forma — La forma del núcleo es variable, tan variable como las formas celulares y en relación generalmente con estas ó sea, más ó menos alargado ó elíptico en las células alargadas, y más ó menos esferoidal, en las vesiculares y poliédricas.

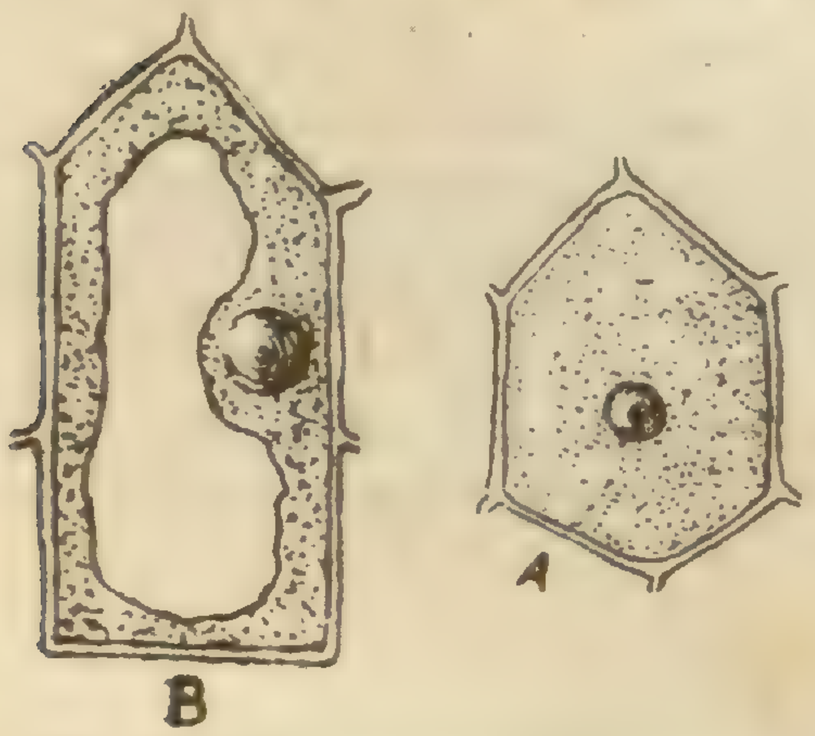


Fig. 5—Situación del núcleo—A. en una célula joven — B. En una célula adulta.

Situación—En las células jóvenes el número ocupa comunmente el centro, aún, cuando la continuidad protoplasmática haya sido interrumpida por lagunas más ó menos grandes; pero cuando la célula llega á su edad adulta y se forma en su interior una gran laguna central, el núcleo es rechazado, junto con el protoplasma que aún queda, á la periferia. Por otra parte hay que observar á este respeeto, que

la situación del núcleo puede variar, aparte de la circunstancia ya apuntada, por necesidades tróficas de la célula, como veremos más adelante.

VOLUMEN.—Fácil es comprender que el volumen de este pequeño órgano tiene que ser tan variable como el de las células de que forman parte y lo único que puede decirse es que, en general, el volumen del núcleo, al originarse la célula, es relativamente grande, de tal manera que crece ulteriormente poco, en comparación con lo que crece el resto de la célula. Los núcleos vegetales más grandes no pasan de 0'02 mm.

NÚMERO.—Las células de las plantas cormófitas son generalmente uninucleares; entre las Talófitas suelen encontrarse polinucleadas. A pesar de esta exigüedad de tamano, el núcleo es de una estructura bastante complicada. Se observa dentro de la célula con relativa facilidad, porqué aún sin valerse de ningún artificio de preparación, se destaca perfectamente por su mayor refringencia y acepta, por otra parte los colores, con mayor intensidad.

Las células jóvenes se presentan con núcleo más homogéneo y las viejas más heterogéneo.

ESTRUCTURA. — El núcleo consta esencialmente de cuatro partes: 1ª una membrana nuclear; 2ª un filamento ó red nuclear; 3ª uno ó más nucleos; 4ª el jugo nuclear.

MEMBRANA NUCLEAR.—La membrana nuclear no es más que una condensación del protoplasma, análoga á la que hemos visto en la periferia de esa sustancia viva ó alrededor de las lagunas. Esa membrana encierra en su interior á la verdadera sustancia nuclear y goza lo mismó que el *utrícolo primordial* ya citado, de la propiedad de regular los intercambios nutritivos entre el núcleo y el protoplasma.

CONTENIDO NUCLEAR.—El contenido nuclear está formado como hemos visto por los nucleolos, una red ó filamento y el jugo nuclear. La red nuclear ó filamento es de estructura complicada y puede observarse en las células de las plantas fanerógamas como un filamento más ó menos enredado, compuesto de una sustancia homogénea llamada *linina*, la cual contiene unas granulaciones (microsomas) de otra sustancia llamada *cromatina*, por la facilidad con que se tiñe con los diferentes colorantes. La cromatina generalmente bajo forma de gránulos y la linina ó sustancia homogénea del filamento, forman lo que se llama la *nucleína*. En algunos células

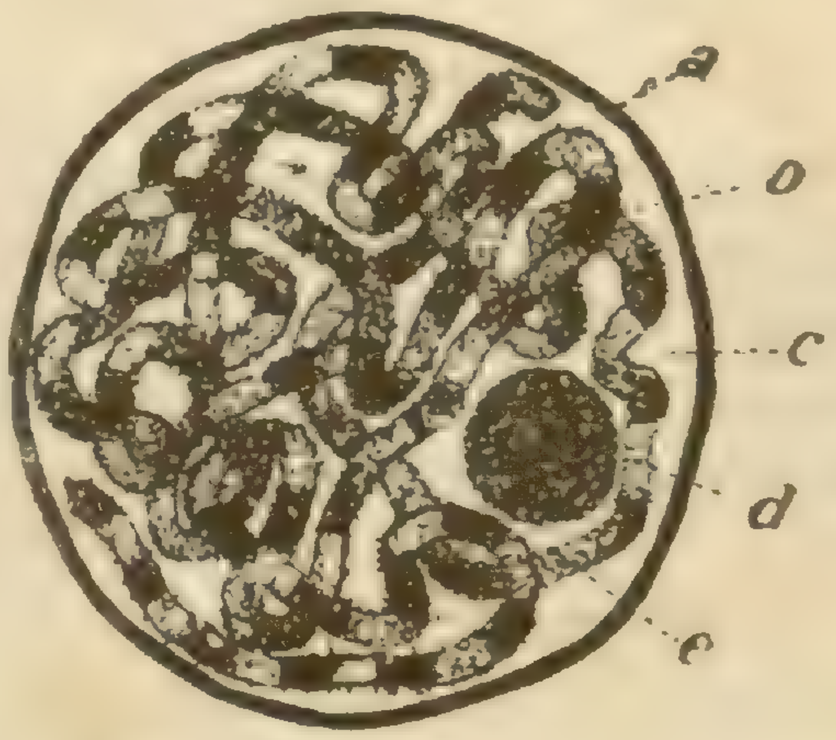


Fig. 6—Estructura del núcleo—a. membrana nuclear—b. filamento núclear—d. núcleo—e. microsomas ó corpúsculos cromáticos.

de vegetales inferiores el filamento nucleano es en realidad tal filamento, por encontrarse reducido á pequeños trozos sumergidos en el jugo nuclear, pero que gozan de las mismas propiedades que el filamento ó red del núcleo de las células de las plantas superiores.

Esta red ó filameuto nuclear, ó mejor la parte sólida del contenido nuclear se encuentra empapada por el jugo nuclear y entre sus mallas se ven los nucleolos, que son probablemente, productos de desasimilación del núcleo y que se tiñen también intensamente con los colorantes, pero especialmente con algunos, (verde de metilo, violeta de genciana, etc.). Dentro de los nucleolos han descripto algunos autores otras granulaciones pequeñísimas á las que han llamado nucleolillos.

Funciones.—Por lo que se refiere á las funciones del núcleo, poco sabemos aún: parece ser, que preside, por decir así, á las funciones nutritivas del protoplasma, puesto que la observación nos lo demuestra.

Por otra parte, el núcleo no parece ser capaz de formar ó producir materias nuevas, puesto que nunca se encuentran en su interior las sustancias que se ven en el protoplasma y que son el resultado de su actividad vital. El protoplasma con el núcleo forman una entidad, que según Sachs habría que considerarla como la verdadera unidad histológica. En efecto, si bien el núcleo no forma sustancias nuevas, las que se forman en el protoplasma lo hacen al rededor de él, y en algunos casos (amiloleucitos) las nuevas sustancias son tan abundantes que llegan á cubrirlo ó á ocultarlo.

En algunas células epidérmicas, que engruesan su membrana libre, se ha observado que el núcleo se coloca debajo de la membrana en el punto en donde va á engrosarse la pared. Respecto á esta solidaridad que existe entre el núcleo y las diversas partes de la célula, por lo que se refiere á la actividad nutritiva de ellas, encontraremos también ejemplos cuando estudiemos la germinación del hilo polénico.

La nutrición de este pequeño órgano se hace por ósmosis á través de la membrana nuclear, de las sustancias que le cede el protoplasma.

Hasta hace poco se creía que el núcleo no tenía movimientos activos y que solo se movía cuando las corrientes protoplasmáticas lo arrastraban, pero hoy día sabemos que este cuerpecito puede moverse activamente, aún en sentido contrario á la corriente protoplásmica.

9—**Membrana.**—En el reino vegetal pocas veces falta la membrana celular; la que, delicada y homogénea, al principio, cuando es la célula muy joven se hace después más gruesa y estratificada, permitiendo mejor su estudio. La membrana de la célula es rígida y por consiguiente es la que determina en realidad la forma de ella.

De naturaleza albuminoidea, en su origen, sobre esa película se van

agregando paulatinamente partículas celulósicas que la van engrosando. La membrana de una célula adulta está formada casi únicamente por celulosa, con excepción de la capa más externa (lámina media), que está compuesta de pectoras ó compuestos pécticos (pectato de *C a*).

ESTRATIFICACION—Vista al microscopio la membrana celular en corte trasversal, nos deja ver la serie de capas alternativamente claras y oscuras que la forman. De esas capas son siempre claras la más interna y la más externa y esas estratificaciones son debidas á diversa hidratación; lo que se demuestra fácilmente quitando agua á la membrana, ó por el contrario, saturándola, lo que nos permite verla homogénea. En efecto tratando la membrana de la célula por el alcohol absoluto, la deshidratamos y aparece entonces toda clara y con las estratificaciones invisibles y si por el contrario la tratamos por el agua hasta saturación la veremos uniformemente oscura.

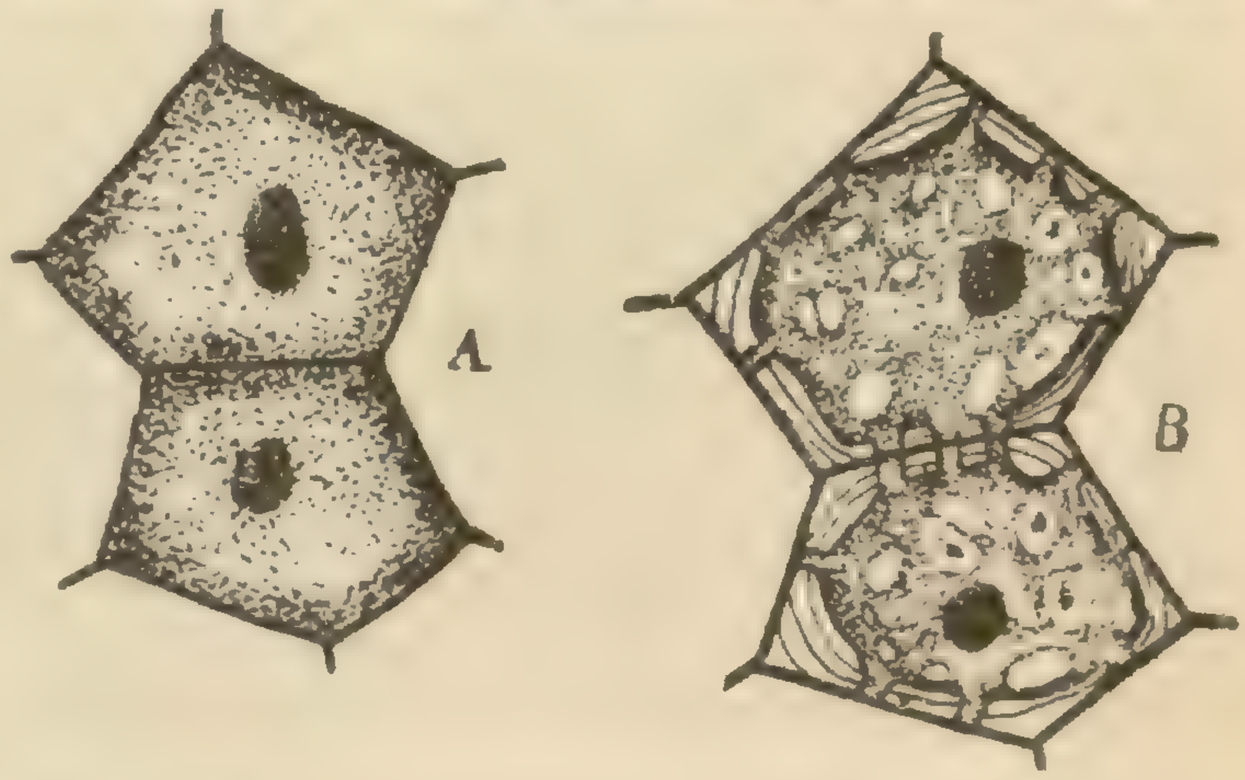


Fig. 7—Engrosamiento y estratificación de la membrana.—A. Células jovenes de membrana delgada.—B. Las mismas en vías de engrosamiento y estratificación.

Las diversas capas que forman la estratificación de la membrana, no son homogéneas.—Vistas de frente, ó en un corte longitudinal, de una célula, se observa que están formadas por laminillas ó pequeños prismas que generalmente se encuentran colocados según dos direcciones oblícuas. con respecto á la superficie libre de la membrana. Esos prismas ó pequeños paralelepípedos son alternativamente claros y oscuros, diferencias de coloración debidas, probablemente, á la desigual hidratación.

Algunos autores creen que entre las dos películas homogéneas que limitan la pared celular se acumularía una cantidad de protoplasma especial, que llaman *dermatoplasma* y que sería el encargado del engrosamiento de la membrana y de organización definitiva de ella.

Como ya hemos visto, la membrana celular está casi únicamente formada de celulosa pura, por lo menos en las células jóvenes.

En algunas células vegetales puede muy bien apreciarse la composición celulósica casi pura de la membrana sometiéndolas á la acción de ciertos reactivos, como sucede con los pelos de algodón.

SOLUBILIDAD DE LA CELULOSA—La celulosa pura es soluble en el licor de Schwiezer (solución de óxido de cobre en amoniaco) y su mejor reactivo es el ácido sulfúrico, que la transforma en almidón; el que puede ser reconocido en seguida por el Iodo.

Cuando por el crecimiento de las células asociadas se agregan nuevas capas que engruesan á la membrana, se forma una capa intermediaria entre una y otra que recibe el nombre de lámina media y que es, generalmente, muy visible y compuesta de principios *pécticos* (pectina, ácido péctico, pectato de *Ca.*, etc.)

En algunos casos la celulosa se encuentra unida á otra sustancia la *callosa*, principalmente en los hongos y en los vasos cribosos de los vegetales superiores.

Colorantes—Estos distintos principios que entran en la composición qnímica de la membrana celular, tiene reactivos especiales para ser reconocidos, pero los que más nos interesa conocer son los distintos colorantes, respecto á los cuales se comportan de diversa manera; así, por ejemplo, la celulosa se colorea preferentemente con los tintes ácidos (rojo de Congo) y la pectosa con los básicos (verde de iodo).

Crecimiento—Conforme el protoplasma encerrado en la membrana, aumenta su masa, por los intercambios nutritivos, la membrana se ve obligada á crecer para poder contenerlo.

El crecimiento de la membrana se hace, al principio, solo en superficie, es decir por *intususcepcion* ó intercalación de nuevas partículas (1) celulósicas que parten del protoplasma y se colocan entre las ya existentes; si la acumulación de partículas se hace en ciertas partes de la superficie más interesante que en otras, la célula primitivamente esferoidal se alargará ó se aplastará, y continuará siendo esferoidal en el caso contrario. Pero cuando la célula ha llegado á un volumen definitivo el crecimiento de la membrana, que dura mientras hay protoplasma, se hace por *aposición* ó superposición de partículas sobre las ya existentes. El crecimiento por aposición dá como primer resultado, si el depósito de partículas es uniforme, el engrosamiento y estratificación de dicha pared celular.

En otros casos, por el contrario, el acrecimiento por aposición se limita á ciertos puntos, ó líneas ó pequeñas superficies de la membrana, dando por resultado la formación de esculturas ó relieves que pueden ser por falta de crecimiento ó por exceso. En efecto, supongamos que la membrana crece por aposición en toda su superficie, salvo al nivel de ciertos puntos; tendremos como resultado que al nivel de esos puntos la membrana estará limitada á la película primitiva ó lámina media y será más o menos gruesa y estratificada en el resto: ejemplo de dibujo por falta de crecimiento. Por el contrario, supongamos ahora, que el protoplasma solo deposita nuevas partículas celulósicas, al nivel de ciertos puntos, si en el resto de la superficie la membrana no

(1) Dermatosoma.

se engruesa, tendremos un dibujo en relieve ó escultura limitada, y asi se formará una emergencia, una cresta,etc.—Estas últimas formas de crecimiento casi no se observan más que en células libres (granos de polén, esporos, etc.)

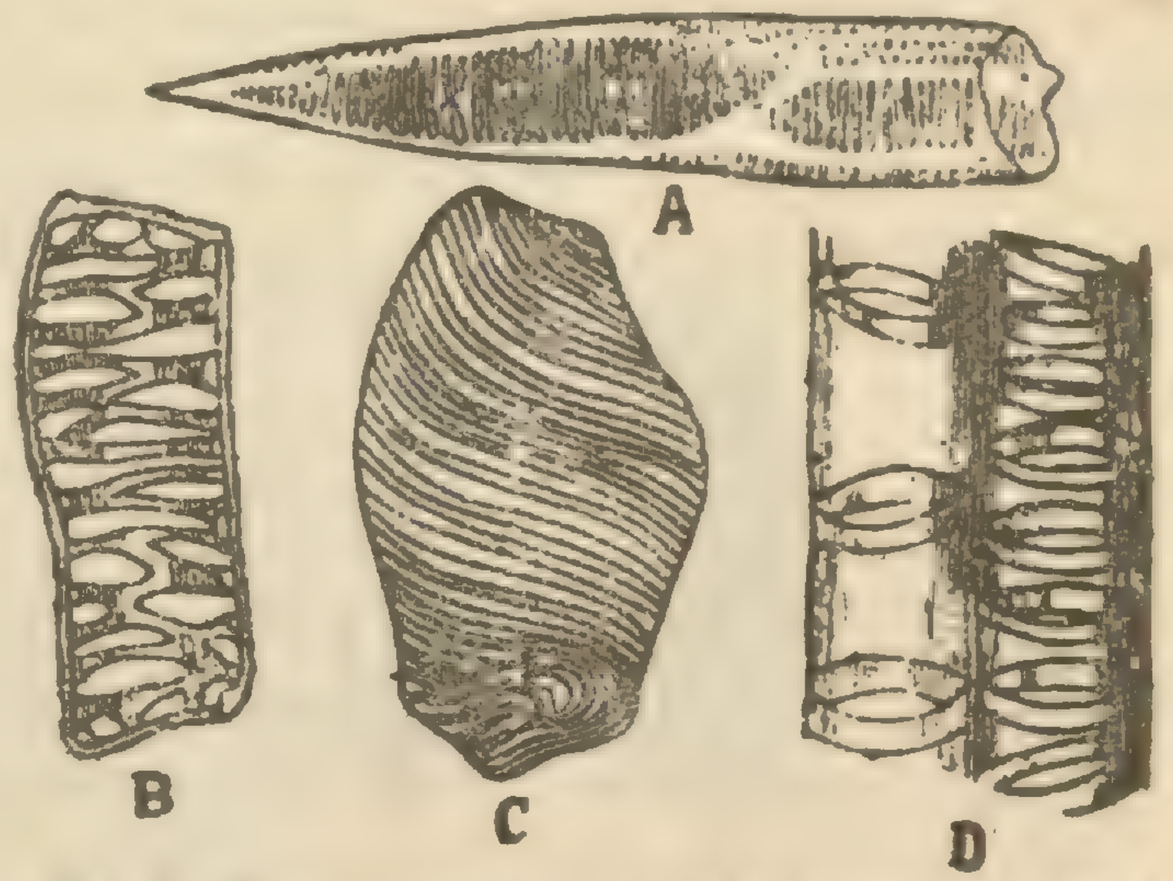


Fig. 8 -- Esculturas ó relieves de la membrana—A célula escalariforme—B. reticulada—C. espiralada—D. anillada.

De la misma manera que hemos explicado los dibujos punteados, en relieve ó en hueco, se explican todos los que se suelen encontrar bajo formas de rayas, redes, crestas, etc. y que tendremos oportunidad de estudiar más adelante.

En cuanto al crecimiento por oposición uniforme, hemos visto ya que dá por resultado la estratificación de la membrana, estratificación que puede llegar hasta formar cincuenta capas de edad diferente (células esclerosas); cuando esto sucede, la membrana permite los intercambios del protoplasma, no haciendo tan uniforme la superposición de partículas sinó que deja pequeños puntos sin engrosar, que á la larga y por la cantidad de capas superpuestas, se convierten en verdaderos canales que irradian desde la cavidad celular hasta la superficie ó lamina media.

En algunos casos la falta de crecimiento de la membrana en ciertos puntos, se eleva al summum y entonces se forma un *poro* que permite la libre comunicación del protoplasma de la célula con el de las vecinas (en el marfil vegetal ó endocárpio del *Phytelephas macrocarpa*). Porque hay que observar que esos defectos de crecimiento tienen su papel fisiológico perfectamente determinado, pues aseguran los intercambio nutritivos del protoplasma, al mismo tiempo que dan gran solidez á la membrana. Para lo cual los dibujos de las células agrupadas, se disponen de tal manera, que se corresponden; observándose algunas veces que las esculturas son diferentes en la misma célula según cuales sean las esculturas de las vecinas: pudiendo, por ejemplo, ser punteada por una cara para que se correspondan esos puntos con los de otra célula inmediata y rayada ó reticulada por otra de sus caras que linde con otra célula, también rayada ó reticulada. Como engrosamientos especiales de

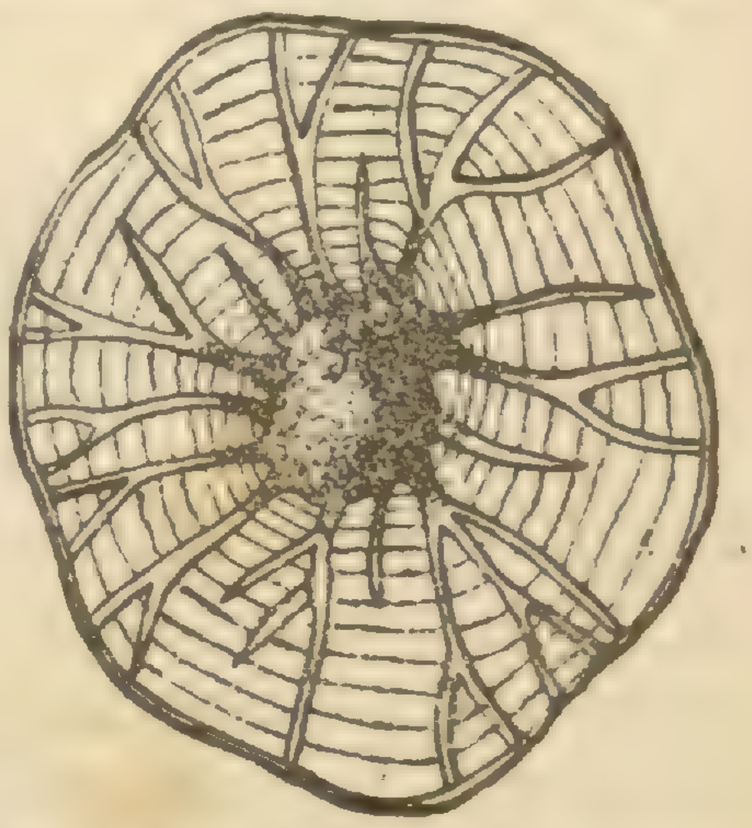


Fig. 9-Célula esclerosa que muestra los canalículos que aseguran los intercambios del protoplasma.

la membrana, puede mencionarse tambien, los que se observan en las células colenquimáticas, en las cuales el crecimiento se hace longitudinalmente y el engrosamiento se limita á los angulos de unión de las células.

Las traquéidas de las coníferas nos ofrecen también un modo especial de engrosamiento al nivel de las *areolas*. En estos elementos histológicos, las capas internas de engrosamiento secundario se depositan separadas de la lámina media, la cual sirve como tabique de separación y generalmente, engruesa también al nivel de su parte media, justamente en el diámetro de los poros que dejan las dos capas de espesamiento de las células vecinas.

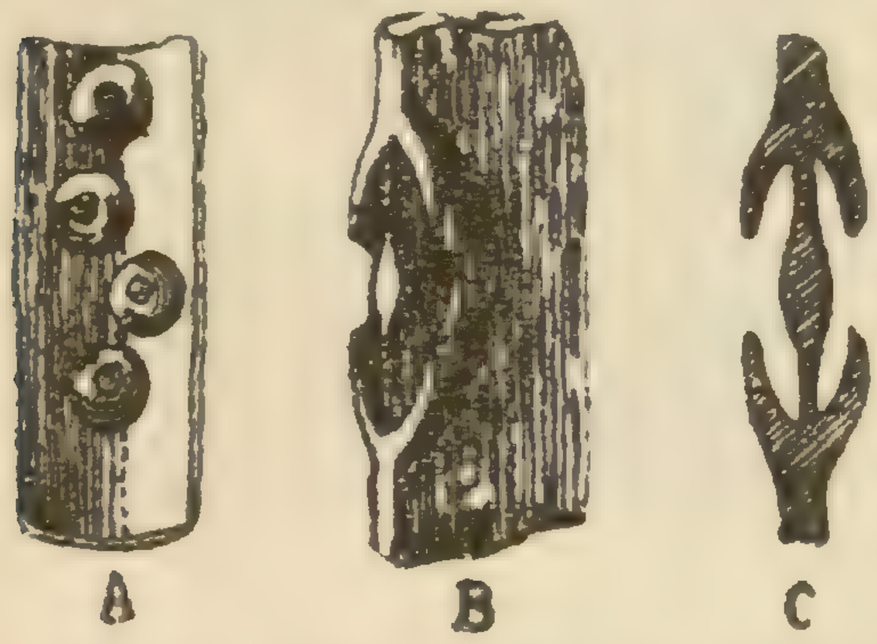


Fig. 10—Puntuaciones areolares de la madera de las coníferas. A. vaso de pino con puntuaciones areolares, vistas de frente. B. una puntuación vista de perfil y en corte longitudinal. C. la misma en corte esquemático.

Una forma muy particular de espesamiento, y muy localizada, es la que se observa en algunos *cistolitos*, que no son más que emergencias de la pared celulósica hacia el interior de la célula y que aparecen al principio bajo la forma de una pequeña salida, que crece y se complica cada vez más, concluyendo por incrustarse de carbonato de calcio, viéndose, cuando la evolución ha terminado, una especie de masa adherida á la pared celular por un estrecho pedículo y llenando más ó menos dicha cavidad. Tal se observa en el parénquima de las hojas de algunas Ficoideas. (*Ficus elastica*).

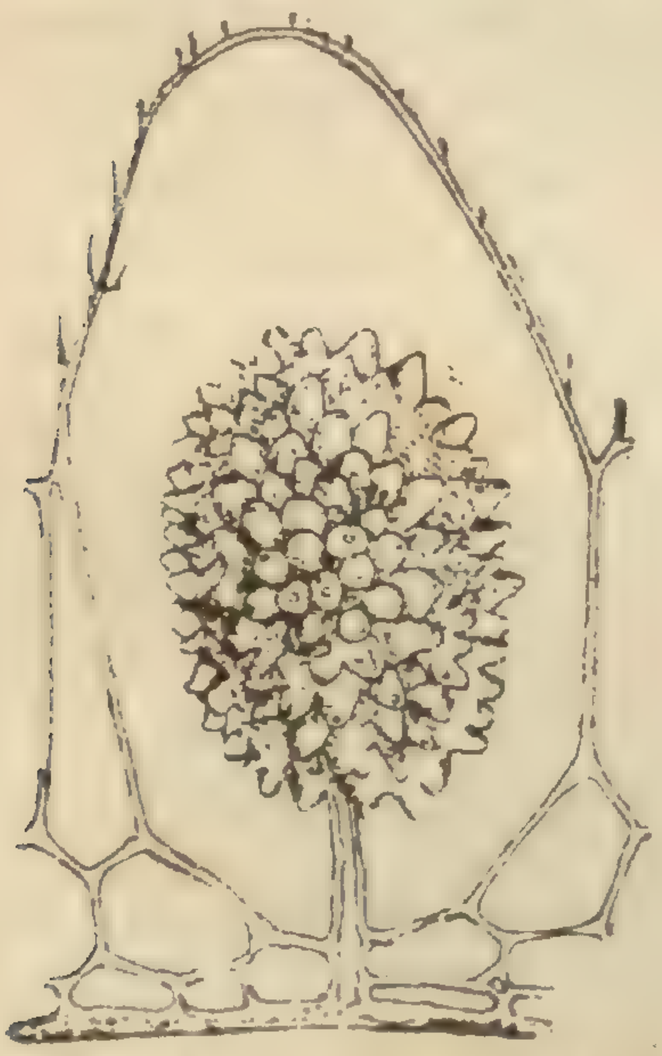


Fig. 11-Cistolito de la epidérmis de una hoja de *Ficus elastica*.

Las capas de espesamiento que hemos llamado secundarias; se disponen algunas veces de tal modo, que permanecen, solo superpuestas, á la capa primordial, de manera que pueden desprenderse con mayor ó menor dificultad, como se observa en los espesamientos espiralados de las tráqueas.

Estos diversos modos de engrosamiento de la pared celular, que son los más comunes, son llamados *centrípetos*, puesto que la superposición de capas se hace aproximándose al centro de la célula: en casos menos frecuentes, que ya hemos mencionado (esporos, granos de pólen, etc.) se hacen emergencias ó salidas hacia el exterior y entonces decimos que el espesamiento es *centrífugo:* finalmente el espesamiento puede hacerse hacia afuera y hacia adentro y entonces se dice que es *mixto*.

Hemos de tener oportunidad de insistir sobre las diversas maneras de espesarse de la membrana al estudiar los elementos celulares típicos que constituyen los tejidos.

Mientras hay protoplasma en la célula la pared puede crecer y transformarse, y así es como en las células definitivas vemos transformaciones químicas de la pared celular, tendentes á adaptar á la célula á las diversas funciones á que está destinada.

TRANSFORMACIONES DE LA MEMBRANA.—La composición química de la membrana en la que entran como principales componente la celulosa y los diversos productos pécticos, solo es constante en las células jóvenes; en las células definitivas, repetimos, la celulosa se transforma, se incrusta ó se mezcla con otros cuerpos, tales como la *cutina*, la *lignina*, la *suberina*, etc.

En las células epidérmicas, que son superficiales y están destinadas á proteger á las más profundas, la celulosa se transforma poco á poco, en *cutina*, sustancia de composición química próxima á las grasas y mucho menos oxigenada que la celulosa, y cuya propiedad física predominante, es la de ser impermeable: se observa también la transformación en cutina en la membrana superficial de algunas células libres, como esporos ó granos de pólen. La transformación en cutina se hace generalmente en las capas superficiales; las capas intermedias están formadas por una mezcla de cutina y celulosa y la interna por celulosa.

Las células superficiales de algunos tallos y raíces suberifican sus paredes, es decir, transforman su celulosa en *suberina*, sustancia de color amarillo ó rojizo y de composición y propiedades análogas á las de la cutina. En algunos casos la producción de células con sus paredes suberificadas llega á formar capas muy espesas: (corcho proveniente del *Quercus suberosa*).

Las células sufren la *gelificación* cuando las capas superficiales de de sus membranas se cambian en productos pécticos que gozan de la propiedad de hincharse, en contacto con el agua, sin llegar á disolverse y tal como lo observamos en la epidermis de las semillas de lino (*Linum usitatissimum*) y de membrillo (*Cydonia vulgaris*). Un fenómeno análogo se observa en la producción de *gomas* (gomosis de algunas Acacias).

Los elementos histológicos que constituyen las partes más duras de los vegetales, como ser la madera, los endocarpios de algunos frutos, etc., tienen sus paredes, no solamente espesadas y constituídas por muchas capas superpuestas, sino que en ellas la celulosa se encuentra incrustada por una sustancia llamada *lignina*, que contiene mucho más carbono que la celulosa.

Con el mismo fin de la cutinización y suberificación, no sea, para

asegurar mejor su papel protector y hacerse más impermeables, algunas células epidérmicas agregan ó exudan *cera* que se acumula en la superficie de muchas hojas, frutos, etc., presentándose macroscópicamente bajo la apariencia de un polvo muy ténue y de un color blanco azulado. En algunas plantan la *cerificación* es tan acentuada, que la cantidad de cera es explotable y usada como la de las abejas (*Ceroxylon andicola*). Microscópicamente la cera se presenta bajo la forma de laminillas, bastoncillos perpendiculares á la superficie de las células y muy aglutinados, ó bajo la forma de granulaciones ó verrugosidades.

La *mineralización* de algunas membranas vegetales consiste en la incrustación de sales de silicio ó de cálcio, que en algunos casos llega á ser tan acentuada que da una gran dureza á las células. Ejemplo de calcificación, ó sea, de incrustación por el carbonato de Ca, la observamos en el caso ya citado de los cistolitos y en algunas Algas como la *Corallina officinalis*. Otras Algas de las Diatomeas, así como algunas Equisetíneas y las células epidérmicas de las hojas de algunas gramíneas incrústanse de *sílice*, en tan gran cantidad, á veces que dan á las células bastante dureza para que sirvan para pulir metales.

Sea cual fuere el principio inmediato dominante en la composición química de la membrana, no es nunca el único, puesto que en mayor ó menor abundancia se encuentran los principios inmediatos orgánicos ya mencionados y diversas sales minerales, que constituyen las cenizas, y entre los que predominan carbonatos, sulfatos, fosfatos y silicatos de Ca., Mg., K., etc.

Según cual sea la composición química de la membrana, se tiñe de diferentes maneras con los distintos colorantes que se usan en micrografía, y que constituyen con los reactivos que podríamos llamar propiamente químicos. los mejores medios de reconocer la naturaleza de esos cuerpos. Si tomamos como ejemplo de colorante á la fuchsina, observaremos que no tiñe á la celulosa, que tiñe de rosa á la cutina y á la suberina, cuerpos de composición química parecida, pero que en tanto que en las células cutinizadas la coloracion es superficial, puesto que, como hemos visto, solo se vé esta transformación suberosa la coloración es uniforme. La lignina se tiñe también de rosa por la fuchsina, pero el sulfato de anilina le da un color amarillo de oro que no le dá las otras. En resúmen, cada una de las transformaciones ó incrustaciones de la membrana celular puede ser fácilmente reconocidas por reactivos químicos ó simplemente colorantes.

10. — **Contenidos celulares figurados.** — En interior de las células se encuentran diversos cuerpos organizados la mayor parte de los cuales, provienen de corpúsculos especiales llamados *leucitos* ó *plastidos*.

Leucitos.—Los leucitos son pequeños cuerpos de formas y situación variable dentro de la célula yque son por su naturaleza, albuminoideos ó sea de composición química análoga á la del protoplásma, pero más

condensados. Los leucitos disfrutan dentro de la célula de una relativa autonomía, y si bien, se nutren á expensas de los materiales que el protoplasma les suministra, gozan de la propiedad de crecer y dividirse y esto de una manera tan absoluta que todo leucito proviene de otro leucito, ó, en otros términos que no pueden estos cuerpos originarse expontáneamente á expensas del protoplasma. En efecto, una célula al dividirse, lo hace de tal manera que reparte sus leucitos de un modo más ó menos equitatívo entre las dos células hijas.

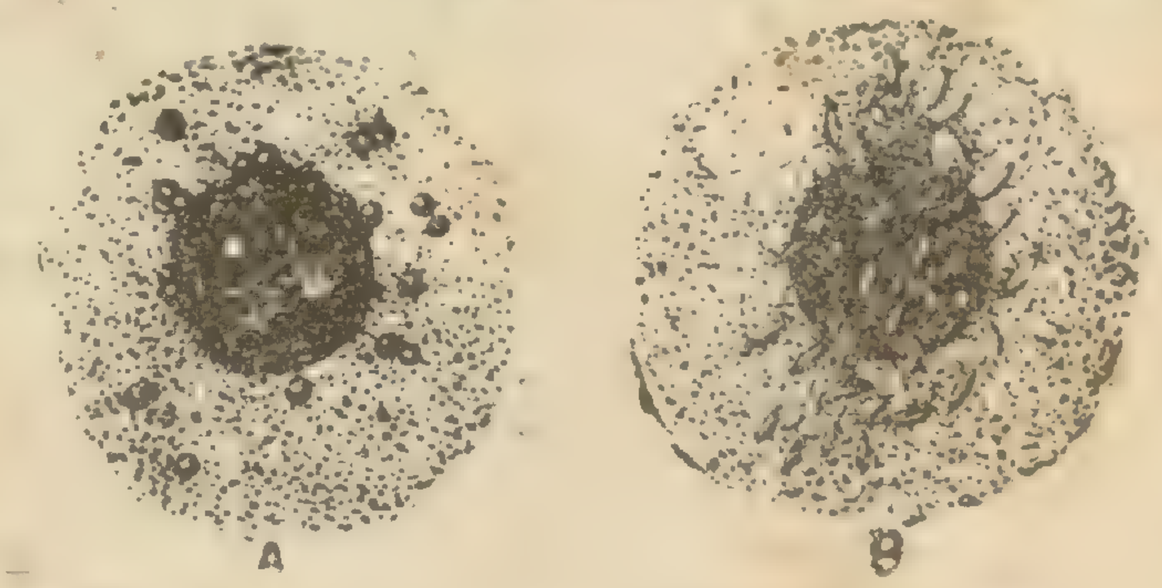


Fig. 12—Leucitos al rededor del núcleo—A. Esfericos y en vías de división de un tubérculo de papa (Solanum tuberosum)—B. Fusiformes de una raiz de orquídea.

Los leucitos pueden ser redondeados, esferoidales ó elícticos, más ó menos alargados, en formas de bastoncillos, etc.

Los leucitos son más refringentes que el protoplasma y se colorean de gris de acero por el color de anilina conocido con el nombre de *nigrosina*.

Los leucitos ocupan posiciones diversas dentro de la célula según el momento fisiológico, encontrándose, á veces, próximos á la membrana y rodeando otras veces, el núcleo.

Dentro de toda célula vegetal normal no faltan los leucitos.

Estos corpúsculos se moltiplican por bipartición y, á la par del protoplasma, son capaces de hincharse en contacto con un exceso de agua.

Los *leucitos* están destinados especialmente á la elaboración de substancias que desempeñan papel importantísimo en la vida vegetal, y de aquí que estos corpúsculos puedan ser de dos clases: coloreados ó nó; *cromoleucitos ó cromoplastos* y *leucoleucitos* ó *leucoplastos*. De aquellos, son los más importantes los *cloroleucitos*, ó sea, los que se impregnan de *clorófila*, y de estos, los *amiloleucitos* ó sea los que elaboran almidón. Pasaremos también en revista á los *xantoleucitos*, á los *cromoleucitos* y á los *hidroleucitos*.

Los leucoleucitos se colorean muy bien con violeta de genciana que no tiñe al protoplasma.

Xantoleucitos.—Los *xantoleucitos* son leucitos coloreados de amarillo por una substancia que los impregna y que es la *xantófila* ó *etiolina*. Esta substancia se origina en el interior de las céiulas de plantas que se desarrollan en partes poco iluminadas y generalmente no son estos corpúsculos, más que el primer grado de desarrollo de los cloroleucitos.

La xantófila es una substancia mal estudiada que se puede obtener de las hojas marchitas haciéndolas hervir en el agua secándolas después, y pulverizándolas, se trata el polvo por el alcohol, que disuelve la xantófila y de cuya solución se retira por el negro animal, volviendo á tomarla por alcohol diluido. La xantófila da tres anchas bandas expectrales de absorción y es insoluble en el agua. Al retirarla del alcohol, por evaporación de este, cristaliza.

Los xantoleucitos contribuyen á dar su color á muchas flores, tanto más cuanto que van frecuentemente acompañados por otro cuerpo que también los impregna y que, aunque poco conocida parece ser la *carotina*, substancia cristalizable y más soluble en el éter, que en el alcohol y cuya coloración varia del rojo al anaranjado, según el grado de acidez del medio en que se halla.

Cloroléucitos.—Los *cloroleucitos* ó *cloroplastos* son sin duda alguna los mâs importantes de los contenidos celulares, por el papel fundamental que desempeñan en la nutrición de la planta. Los cloroleucitos son leucitos impregnados por una pequeña cantidad de *clorófila*, substancia azoada, de fuerte coloración verde y cuya fórmula química no está aún bien determinada.

Los cloroleucitos se encuentran en el interior de las células de todos los tejidos, que están en contacto con la luz, y en todas ó la mayor partes de las plantas, con excepción de los hongos y de algunos vegetales parásitos.

En las algas los cloroleucitos pueden originarse directamente de los leucoleucitos, pero en las plantas superiores se forman casi siempre en los xantoleucitos, preexistentes, según las necesidades fisiológicas de la planta, y en contacto de la luz. Así es como al lado de la clorófila se encuentra siempre en estos crepúsculos, mayor ó menor cantidad de xantófila y de carotina, sustancia esta, que es á veces tan abundante que cristaliza alrededor del cloroleucito.

Hay algunos vegetales ó partes de vegetal que á pesar de tener cloroplastos, no tienen el color verde caractéristico, debido á que, pigmentos de color más intenso, ocultan á la croróﬁla; de modo que no se puede afirmar la existencia ó ausencia del pigmento verde por la sola observación macroscópica. En las algas es frecuente observar la existencia de pigmentos especiales llamados *ficocianina*, *ficofeina*, *ficoeritrina*, etc. que disimulan el color verde de la clorófila.

Los cloroleucitos ocupan generalmente las partes periféricas del protoplasma, y son influenciados por la luz, de tal manera que se dirigen hacia las partes más iluminadas de la célula.

El papel que desempeñan estos corpúsculos es importantisimo, por la propiedad de que goza la croróﬁla de descomponer el anhidrido carbónico, en presencia de la luz y fijar el C., dejando en libertad al

O. Este carácter lo estudiaremos más detalladamente en el capítulo de la nutrición.

La clorófila se puede extraer de los tejidos verdes (hojas) tratándolos por el alcohol, que disuelve los pigmentos y algunos otros principios. Tratando la solución alcohólica por bencina este cuerpo disuelve á los pigmentos; se trata esta solucion por negro animal en grano, que se apodera solo de los pigmentos y del que se les puede obtener bastante puros tratando por los disolventes apropiados, que es el éter anhidro para la clorófila ó mejor aún un aceite de petróleo. Evaporando después lentamente y a la oscuridad, la clorófila cristaliza.

La clorófila es insoluble en el agua, soluble en el alcohol, el éter, el sulfuro de carbono, etc. Sus soluciones son dicróicas, es decir, que se presentan de un hermoso color verde, vistas por reflección y de un color rojo pardo cuando por transparencia.

El espectro de absorción de la clorófila es muy característico. Las soluciones fuertes dan siete bandas de absorción, pero de ellas, es la más típica la que aparece entre las rayas B. y C. de Fraunhöfer, pues se la obtiene hasta con soluciones tan débiles que ni aún presentan el color verde característico.

Eleileucitos—El principal producto de la actividad nutritiva de los cloroleucitos es el almidón, pero no el único; en efecto, suelen verse á los cloroleucitos rodeados de pequeñas gotitas refringentes, que son aceitosas, corpúsculos á los que Van Tieghem, llama *eleileucitos*:

Algunos cloroleucitos producen también cristaloides protéicos: los corpúsculos llamados *pirenoides*, que se encuentran en algunas algas y muscíneas, pueden ser considerados también como cristalóides protéicos.

Amiloleucitos—Los *gránulos* ó *corpúsculos de almidón* que tanto abundan en las células vegetales y que tan importante papel desempeñan en la nutrición, provienen de los cloroleucitos ó simplemente de los leucoplastos, tomando entonces, el leucito, en vías de transformación el nombre de *amiloleucito*.

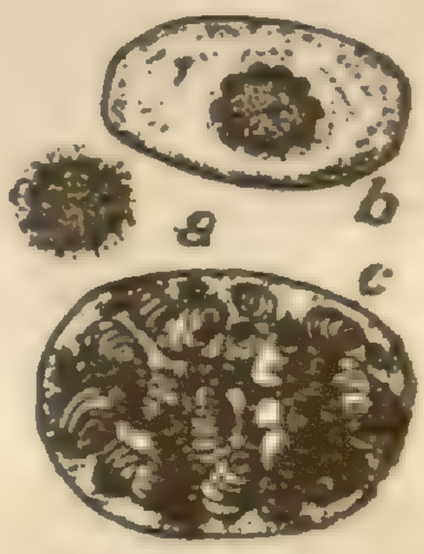


Fig. 13—Génesis de los gránulos de almidón—a. núcleo de una celula del tubérculo de la papa con corona de leucitos — b. los mismos leucitos formando almidón—c. célula más profunda del mismo tubérculo con varios granos de almidón.

Los gránulos de almidón se encuentran en todos los vegetales, con excepción de los hongos y la mayor parte de las Bacteriáceas y están diseminados en todas las células vegetales, abundando en los parénquimas de semillas. La proporción de corpúsculos de almidón, es, sin embargo, muy variable, pudiendo encontrarse en los tejidos más abundantes en proporciones de 10 á 85 %. Cualquiera que sea el origen de los gránulos, es decir, que sean formados por los leucoleucitos ó por los cloroleucitos, las disposiciones que afectan al principio, son las mismas, pudiendo encontrarse en la superficie de los leucitos, bajo la forma de

pequeños granitos, que al empezar su crecimiento son más ó menos homogéneos, ó bien, acumularse en el interior del leucito; de ahí dos formas principales de corpúsculos amiláceos: los concéntricos y los excéntricos: en efecto, en el primer caso el leucito constituye el centro del corpúsculo y á su alrededor se van acumulando las nuevas capas de sustancias amilácea y en el segundo caso el gránulo se forma sobre una de las caras ó extremidades del leucito, próximo á éste queda el centro ó *híleo* y excéntricamente se van acumulando las nuevas capas.

El crecimiento de los gránulos de almidón se hace por oposición y hoy día son considerados como un conjunto de pequeños prismas que se colocan irradiando desde el híleo del gránulo, y por consiguiente, prismas rectos en los gránulos concéntricos y encorvados en los excentricos. Estos cuerpos son considerados como cristalóides análogos á los protéicos que estudiaremos enseguida; y como cada uno de los prismas presenta diversos grados de hidratación, según su altura, resulta en conjunto que los corpúsculos amiláceos se nos presentan, ya expontáneamente (almidón de papa) ó ya valiéndonos de artificios de preparación, estratificados ó formados por capas de diferente densidad y excéntricas o concéntricas según la naturaleza ú origen del corpúsculo.

Como se vé, tanto por su modo de crecimiento, cuanto por la disposición en capas de diversa densidad, formadas á su vez por pequeños cuerpos que gozan de las propiedades de los cristales, los gránulos de almidón tienen muchos puntos de contacto con lo que hemos estudiado respecto á la membrana celular.

Los gránulos de almidón son de formas y volúmen muy variadas, pudiendo ser esferoidales, elípticos, alargados, con extremidades redondeadas, etc., y en cuanto á sus dimensiones varían entre 2 y 170 milésimos de milímetro, pudiendo encontrarse en la misma planta y hasta en células del mismo tejido, gránulos de tamaño muy diverso.

Los gránulos de almidón originados en un solo punto de un leucito y que continúan en esas mismas condiciones hasta su máximo crecimiento, constituyen los gránulos llamados simples, en oposición á los que se forman sobre dos ó más puntos del mismo leucito ó en leucitos vecinos y que por su crecimiento ulterior llegan á soldarse, formando los gránulos compuestos. Van Tieghem llama, semi-compuestos á los gránulos que una vez reunidos siguen aumentando sus capas de crecimiento, que se hacen comunes para los que forman parte de la unión.

El almidón que entra en la composición de estos corpúsculos es un hidrato de carbono que responde á la fórmula general $(C^6 H^{10} O^5)^n$ y parece formado, en realidad, por dos cuerpos llamados por algunos *amilóide* y *amilodextrina*, coloreable el primero en azul por el I. y en rojo vinoso el segundo. El almidón contiene también, pequeñas cantidades

de sustancias minerales. Tendremos oportunidad de insistir más adelante sobre otros caracteres químicos y fisiológicos importantísimos del cuerpo en cuestión.

Hidroleucitos.—Los *hidroleucitos* son leucitos huecos que encierran en interior un líquido en cuya composición predomina el agua, pero que contiene además una gran cantidad de sustancias orgánicas, producidas por la misma actividad nutritiva y cuyos materiales los toma el crepúsculo, del protaplasma ambiente. Los hidroleucitos tienen, en algunos casos, su pared propia sumamente delgada de modo que no se distinguen entonces de los vacuolos.

Los hidroleucitos gozan también de una autonomía análoga á la que hemos encontrado en sus congéneres, es decir que crecen y se multiplican por bipartición: la cual se efectúa por el avance de un tabique, que parte de las paredes del hidroleucito y llega á encontrarse en el centro; una vez formado el tabique que reparte el contenido líquido del corpúsculo en dos partes más ó menos iguales, se hiende por el medio formándose dos nuevos hidroleucitos.

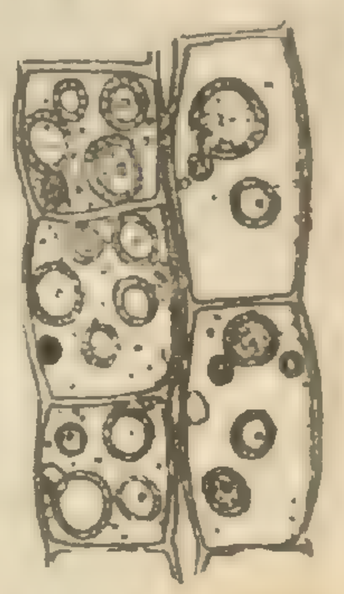


Fig. 14—Hidroleucitos de un parénquima (maiz).

Los hidroleucitos se colorean dificilmente porque la pared de ellos es solo permeable para regular los intercambios nutritivos con las otra parte de la célula, siendo el principal papel que desempeñan el de servir de depósito ó recetáculos en los que acumulan la célula su exceso de agua y de productos orgánicos diversos, originados por su actividad.

La sustancia líquida encerrada en los hidroleucitos contiene generalmente gran cantidad de sustancias albuminoideas disueltas que en un momento dado pueden precipitar de la solución y convertirse en un corpúsculo sólido: y es esta una de las más interesantes funciones de estos cuerpos que son los encargados de originar los corpúsculos de *aleurona*, reserva nutritiva contenida en el interior de las celulas de las semillas, y cuyo depósito se explica porque encontrándose estos tejidos en estado de vida latente, pierden gran cantidad de agua y dan así lugar á que las sustancias albuminuideas ú otras contenidas en los hidroleucitos, se precipiten ó solidifiquen.

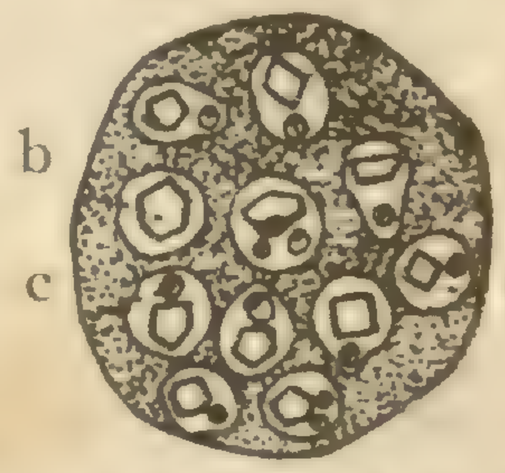


Fig. 15—Célula en vía de desarrollo, del albumen del ricino —a hidroleucitos de jugo albuminoso, futuros granos de aleurona—b. cristaloide —c. globoide.

Corpúsculos de aleurona—Los corpusculos de aleurona, se encuentran como decíamos en el albumen ó reserva de las semillas y sobre todo en las oleaginosas, y presentan todas las reacciones de las sustancias albuminoideas.

Estos corpúsculos pueden ser de formas variadas: estar constituídos por una sola sustancia albuminoidea, rodeada por la primitiva cubierta del hidroleucito: los corpúsculos que podríamos llamar simples ó bien, poseer incorporados á su masa *cristaloides, globoides ó cristales de oxalato de calcio.*

Cristaloides.—Los cristaloides son cuerpos de formas geométricas definidas con arreglo á los sistemas de cristalización conocidos, pero que se diferencian de los verdaderos cristales, porque son susceptibles de hincharse, en contacto con el agua. Por su composición química son también de naturaleza proteica.

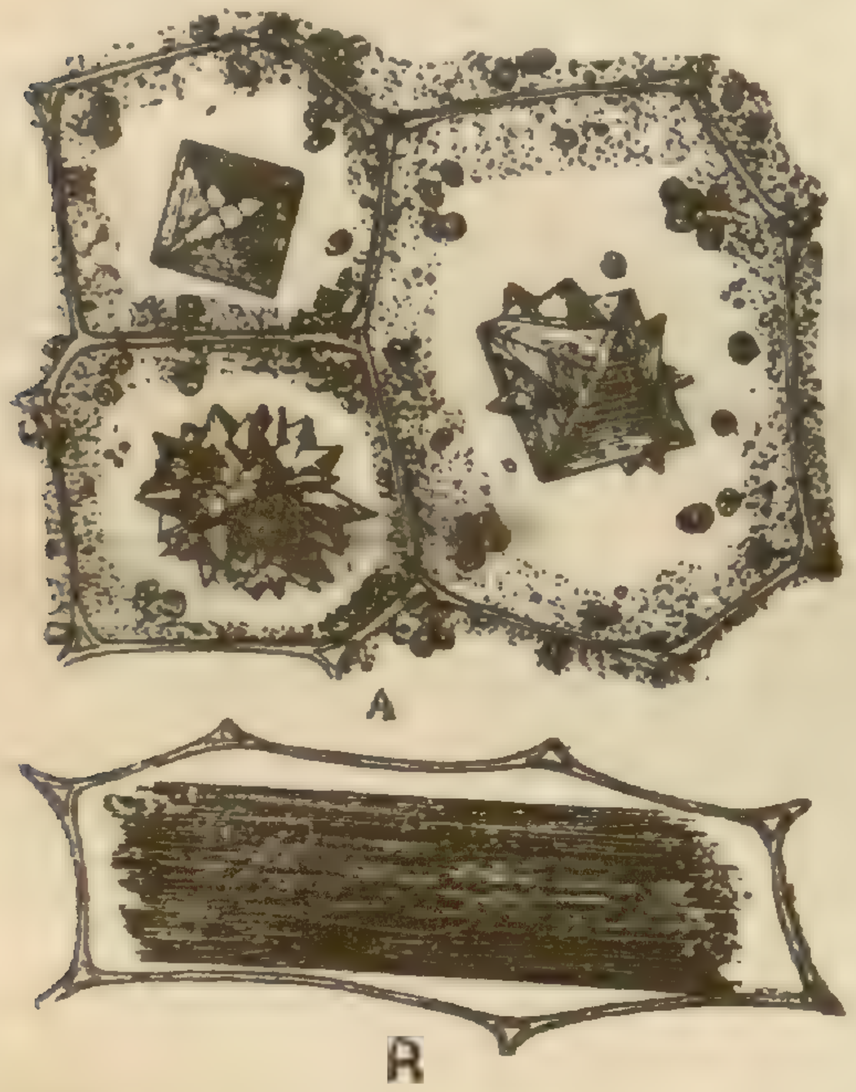


Fig. 16— Parénquima oxalífero y ráfidos de oxalado de Ca.—A. Tres células con diversas formas de cristales (Begonia)—R. Ráfidos de una hoja de áloes.

Globoides. — Los globoides son corpúsculos más ó menos redondeados, formados por la precipitación de sustancias minerales contenidas en el jugo del hidroleucito, cuando la célula á que este pertenece, pierde agua y pasa al estado de vida latente. Los globoides parecen ser por su composición química glicerofosfatos de Ca. y más comunmente de Mg.

Cristales de oxalato de Ca.—Los cristales de oxalato de Ca. son también frecuentemente, un producto de la actividad nutritiva ds los hidroleucitos y se encuentran principalmente bajo dos formas cristalinas, de prisma cuadrado ó de largas agujas que constituyen los llamados *rafidos* formas determinadas por el mayor ó menor grado de hidratación. El oxalato de Ca. se forma en cualquier célula, pero con preferencia en células especiales llamadas oxalíferas y generalmente pertenecientes á tejidos superficiales, condenados á desprenderse en épocas más ó menos lejanas. El oxaláto de Ca. se considera como un verdadero producto de desasimilación de los vegetales.

Finalmente, para concluir con el estudio de los cuerpos figurados que pueden encontrarse en el interior de las células vivas, solo mencionaremos las masas de fosfatos y carbonatos de Ca. (cistolitos), el pigmento llamado hidrocarotina, que suele cristalizar y excepcionalmente cristales de ácido grasos.

Para terminar con lo referente á la composición química de las células tendríamos que estudiar los principios que se acumulan en el jugo celular, pero preferimos estudiarlos más detalladamente, é insistir sobre algunos

caracteres de los ya estudiados, cuando entremos en la Fisiología de la nutrición.

11.—**Reproducción de las células.**—Las diversas maneras de reproducción de las células, pueden reducirse á tres, á saber: la *renovación* ó *rejuvenecimiento* celular, la *conjugación* y la *bipartición*, que constituye el medio más común de reproducción y por decir así el normal.

Renovación celular.—La renovación celular solo la encontramos en algunas Talófitas, cuando dan origen á sus esporos, y consiste, como el mismo nombre lo indica, en una renovación más ó menos completa del protoplasma de la célula primitiva. Esa renovación de partículas se hace á través de la membrana y cuando es más ó menos completa, el protoplasma se contrae y arroja todo ó la mayor parte del jugo celular; abandona generalmente enseguida á la membrana vieja y no se rodea de una nueva, hasta no encontrarse en libertad. En otros casos la formación de la nueva membrana celulósica se hace en el interior de la antigua y no es sinó después de algún tiempo que la nueva célula abandona su vieja envoltura. Estos casos de renovación celular son llamados por Van Tieghem de *renovación total*, porque, en efecto, las nuevas células se forman á expensas de la transformación total de las primitivas; pero hay otros casos de renovación parcial en los cuales solo se encarga de la transformación, una parte del protoplasma, permaneciendo el resto y sirviendo, generalmente, para la nutrición del nuevo elemento hasta su completa independización de la célula primitiva. Así se forman los anterozoides ó células masculinas de muchas criptógamas.

Fig. 17—Renovación celular. — A. Formación de un zoóspero de un alga (Edogonium), por renovacion total. —B. Formación de un zoóspero del alga *Vancheria zynandra*, por renovación parcial.

Conjugación.—La conjugación celular ó reproducción *dímera* puede ser *isogámica* ó *heterogámica*, según que las células que se fusionen sean iguales ó diferentes. Es muy posible que los casos de conjugación isogámica sean en realidad muy escasos, porque si bien se podría actualmente presentar muchos ejemplos, es probable que sea, por que no sabemos reconocer las diferencias que existen entre las dos *gametas*, nombre que reciben las dos células que se unen. El resultado de la fusión es una *cigota;* y en el caso especial de la conjugaeión sexual la célula que resulta, por la fusión de los organismos que se completan mutuamente es el *huevo.*

La conjugación celular puede efectuarse entre células libres, como se observa entre los *zoósporos* de algunas algas, ó entre células unidas en filamentos, cuando dos de ellas en buenas condiciones para conjugarse, se ponen accidentalmente próximas. En uno, y otro caso, se trata de la fusión de dos organismos que independientemente no gozan de las propiedades que adquieren, una vez fusionados. Las dos gametas pueden ser inmóviles como pasa con las que forman los filamentos de las Spirogiras; ó bien, las dos móviles, como sucede con los zoósporos ya mencionados. En los casos de conjugación heterogámica, por lo menos en los Criptógamas, el elemento masculino ó *anterozoide* goza generalmente de movimientos, en oposición á la *oósfera* ó célula femenina que es generalmente fija.

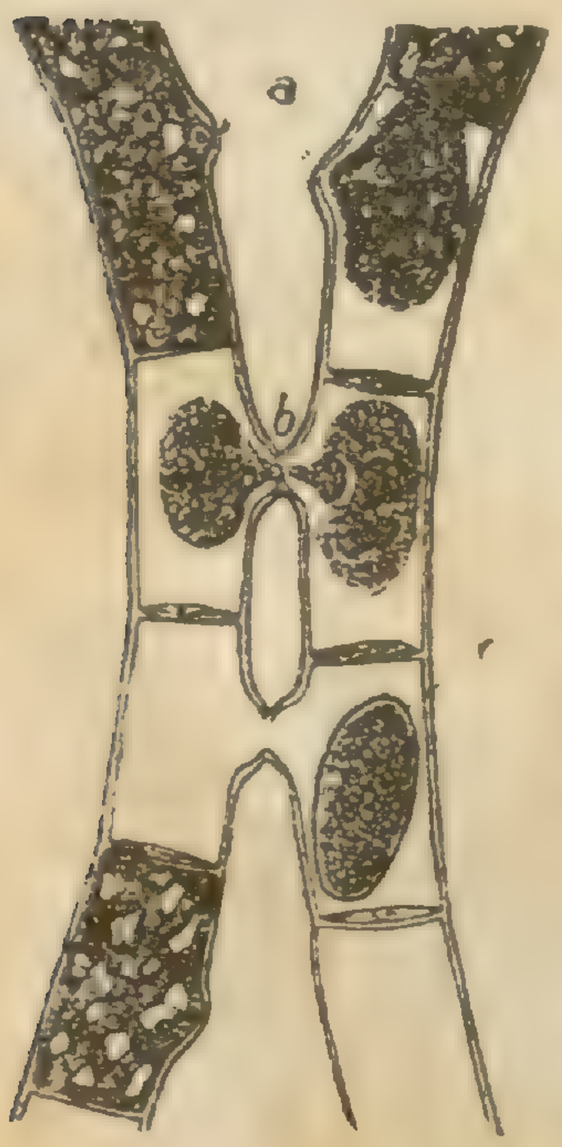


Fig. 18—Dos filamentos del alga *Spirogyra* en conjugación—a. Formación de las protuberancias. — b. Fusión de las gametas. — c. Cigota ó huevo que resulta.

En las álgas del género Spirogyra, cuando dos células pertenecientes á dos filamentos distintos se encuentran próximas, se disponen para la conjugacion, emitiendo cada una de ellas una especie de emi-nencia ó salida, que creciendo progresivamente concluyen por ponerse en contacto; realizado este contacto, las membranas (1) se reabsorben en el punto de fusión y el contenido protoplasmático de una de las células, el cual ha sufrido previamente, una especie de contracción, se derrama en el cuerpo de la otra, fusionándose intimamente, protoplasma con protoplasma, núcleo con núcleo, etc. En este modo de reproducción, aunque las dos gametas son aparentemente iguales, hay sin embargo más fortaleza por parte de una de ellas, que va á volcarse en la otra, pero hay algunas otras álgas de las mismas filamentosas (Gen.: Zygogonium), en las cuales la copulación de las células se hace, por decirlo así, en terreno neutral, puesto que, las dos células forman protuberancias del mismo tamaño y cuando la fusión y la reabsorción de la membrana se ha efectuado, los contenidos de ambas células abandonan sus membranas y la fusión se hace en el punto de la anastomosis.

Cuando se conjugan dos células, la que resulta está comunmente destinada á dividirse ó tabicarse, para formar nuevas células y hay que observar también, que de la reunión de células iguales resulta una tercera que es comunmente más pequeña que la suma de las que le ha dado origen: hay una verdadera contracción del protoplasma.

División.—En los casos de reproducción mencionados, que constituyen verdaderas excepciones, no hay propiamente multiplicación celular,

(1) Se gelifican.

puesto que, en la *renovación*, hay un reemplazo de una célula por otra, y en la *conjugación*, por el contrario, hay pérdida de un elemento celular. La verdadera multiplicación la observamos en los procedimientos por *división*, caso el más común de reproducción y por el cual se efectúa el crecimiento de todos los vegetales.

La división puede ser *directa* ó *indirecta*. La división directa es tambien excepcional, y va reduciéndose cada vez más, conforme vamos conociendo la estructura de muchas células de vegetales inferiores; sin embargo aún se observa en algunos hongos y bacteriáceas, y consiste simplemente, en la bipartición según el eje más corto de la célula, precedida ó no, por la bipartición directa del núcleo, según que exista ó no este organúsculo.

Fig. 19 — División directa ó bipartición de los bacterios.

Carioquinesis.—Los procedimientos de división indirecta que nos queda por considerar, son: la *brotación*, la *formación libre* y la *división propiamente dicha*; pero como la mayor parte de estos medios se basan en la división indirecta del núcleo por *cariopuinesis* ó *cariomitosis*, estudiaremos prímero este fenómeno para aplicar después este conocimiento á los diversos medios de reproducción.

La carioquinesis es el procedimiento más generalizado de reproducción celular, y no solo en los vegetales, sino también en los animales: por eso dedicaremos á ese punto mayor espacio.

Recordaremos, antes que nada, lo que hemos estudiado respecto á la estructura del núcleo, corpúsculo que hemos visto que constaba de una membrana de cubierta: la membrana nuclear, que en su interior encierra el contenido nuclear, formado, á su vez, por el filamento ó red nuclear, y el jugo nuclear, que con el nucleolo, ó nucleolos, llenaba los espacios dejados por el filamento. Recordaremos también, que el filamento nuclear está formado por una sustancia llamada linina, que no es más que el soporte ó armazón de unas granulaciones llamadas cromáticas, que se encuentran sobre ella, y finalmente que por fuera del núcleo y más ó menos próximas á él, se encuentran dos condensaciones de protoplasma que hemos llamado *esferas directivas*.

Refrescados estos recuerdos, podemos comenzar la descripción de las diversas fases porque pasa un núcleo que va á dividirse.

La primera señal de la división parte del protoplasma; en efecto, observaremos que las esferas directivas, que se encontraban primitivamente juntas, se separan bruscamente, para colocarse próximas siempre al núcleo, pero en polos diametralmente opuestos; inmediatamente surge alrededor de ellas y en general alrededor de todo el núcleo, una especie

de aureola, formada por granulaciones protoplasmáticas, colocadas unas tras de otras. Mientras esto sucede en el exterior del núcleo, en el interior se observa la simplificación del filamento nuclear y el aumento y engrosamiento de las granulaciones cromáticas. En efecto, la red nuclear que al empezar el fenómeno era una verdadera red inextricable, se simplifica cada vez más, desprendiéndose el filamento en unas partes, enderezándose en otras, hasta que al final del desenredo, se puede ver en el interior del núcleo, no ya una red nuclear, sinó un verdadero filamento, no siendo raro que se puedan ver los dos extremos del mismo. El filamento así simplificado es mucho más grueso que el que formaba la red primitiva. Esta primera fase ha sido llamada *espirema*.

Fig. 20—Esquemas de la carioquinesis —A. El núcleo con su filamento simplificado—B. Formación de los cromosomas—C. Disposición de los cromosomas en el ecuador de la figura—D. División de las granulaciones cromáticas y de los cromosomas.

Simultaneamente, comienzan dos nuevos fenómenos, el uno, en el mismo filamento nuclear y el otro en la membrana. En efecto, el filamento se divide en trozos iguales y en cantidad variable para cada célula, pero constante para las de la misma especie, esos trozos son sensiblemente del mismo tamaño y se disponen, desde el principio, en asa, ó bien, en línea recta, son los *cromosomas*; mientras sucede esto en el filamento, la membrana nuclear, que había empezado á hacerse menos visible, desaparece y el contenido líquido del núcleo y él, ó los nucleolos se mezclan con el protoplasma. Las granulaciones protoplasmáticas y quizá también la sustancia de los nucleolos, se dispone en líneas como meridianos, que, partiendo de una de las esferas atractivas, concluyen en la opuesta: no son más que la continuación de las primitivas líneas radiadas que formaban las aureolas de las dos esferas; y he aquí constituido el *huso nuclear* ó *acromàtico*, así llamado porque muy difícilmente se deja colorear. Este huso está formado por tantos meridianos, cuantos cromosomas hay en la célula. Algunas veces, los meridianos están formados por dos pequeñas líneas, de manera que encontramos tantos pares de ellos, cuantos cromosomas.

Estos trozos del filamento nuclear, que cuando se efectuó la segmentación permanecieron en los mismos lugares que ocupaban en el filamento entero, van acercándose poco á poco hacia el ecuador de la figura, deslizándose cada uno de ellos por su correspondiente meridiano. En resumen: llegan al ecuador y allí se disponen de tal manera, que cada uno de los cromosomas toca por una de sus extremidades al meridiano correspondiente, si es recto ó en forma de bastoncillo, y por el ángulo ó la parte convexa, si afectan forma de V. ó de U. Esta agrupación de los cromosomas constituye la placa ecuatorial. Así colocados y equidistando del eje del huso, las granulaciones cromáticas comienzan á dividirse por la mitad, división que empieza comunmente, por uno de los extremos del cromosoma y conforme se dividen las granulaciones, se va efectuando la división longitudinal de la linina ó sustancia fundamental del cromosoma, de modo que hay al fin sobre cada meridiano, un doble cromosoma, cada uno de los cuales es, justamente la mitad del primitivo.

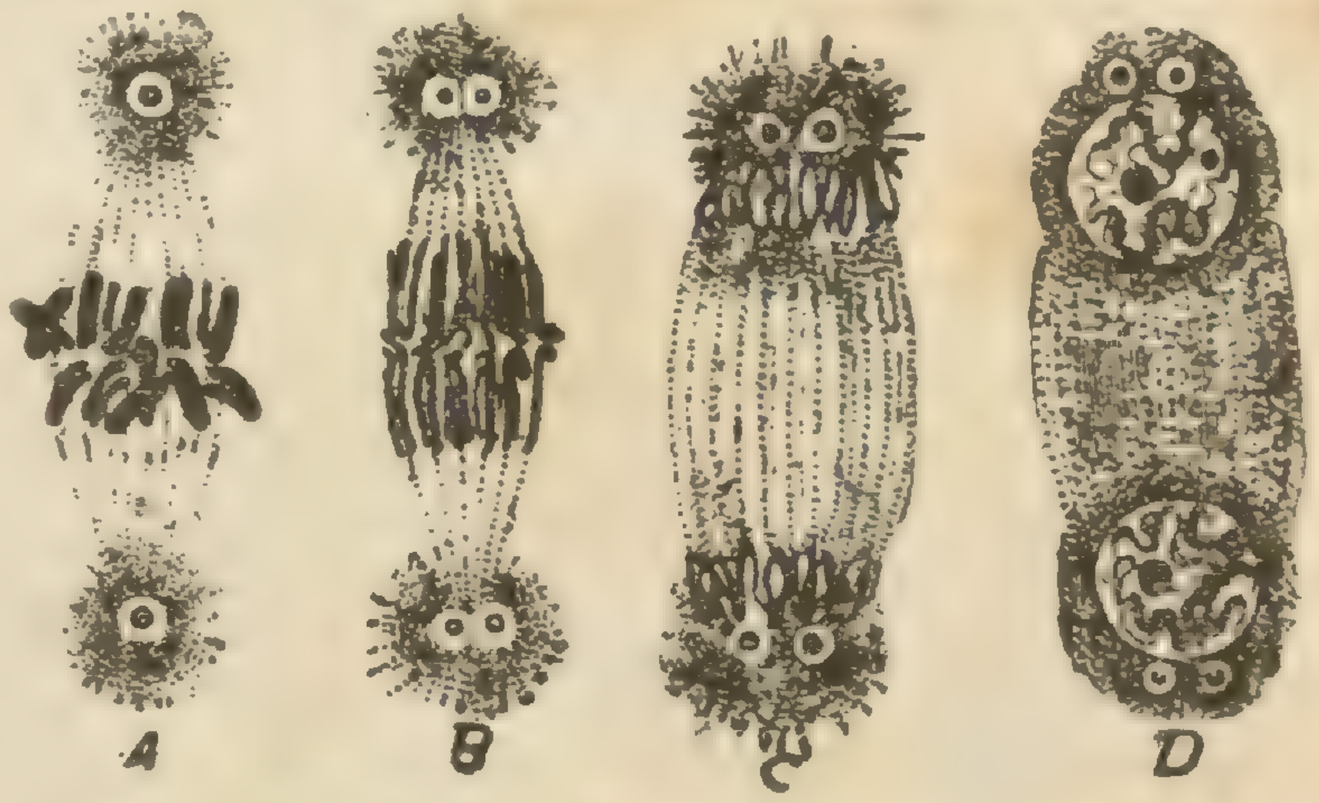


Fig. 21—Esquemas de la carioquinesis.—A. Los cromosomas que forman la placa ecuatorial, dividiéndose. B. Los cromosomas parciales dirigiéndose hacia los polos de la figura. Las esferas directivas se han dividido.—C. Los cromosomas parciales uniéndose para reconstituir los filamentos.—D. Los dos nuevos núcleos.

Entonces, como si fueran atraídos por las esferas directivas, los cromosomas parciales se corren sobre su correspondiente meridiano, hacia los polos de la figura, en donde comienzan por unirse por sus extremidades para reconstituir el filamento nuclear, y, conforme éste va haciéndose más complicado, adoptando cada vez más, la forma de red, aparece alrededor del núcleo una nueva membrana y en su interior uno ó más nucleolos. Las esferas directivas se han dividido también, de modo que cada uno de los núcleos parciales cuenta con los mismos elementos que el que les dió origen.

Agregaremos, para terminar con la carioquinesis, que este modo de división, tan común, no se hace exactamente de la misma manera en todas las células, pero que la forma de división que hemos descripto es la más generalizada. Varía como es fácil de comprender, según la mayor ó menor complicación del núcleo.

Las diversas fases de la carioquinesis han recibido varios nombres: en efecto, después del espirema sobrevenía la formación de la placa

ecuatorial, que se llamó también *aster*, en oposición al *diaster*, que se produce en el momento en que los cromosomas atraídos por las esferas empiezan á agruparse en los dos polos de la figura.

Actualmente casi todos los autores dividen los fenómenos de la división del núcleo en *profasis*, *metafasis y anafasis*; siendo la primera la que comprende todos los fenómenos premonitores que se operan en el núcleo desde que las esferas atractivas se separan hasta la división longitudinal de los cromosomas. La metafasis comprende desde la división de los cromosomas hasta su unión para reconstituir los filamentos parciales y, finalmente, la anafasis desde este momento hasta la reorganización completa de los nuevos núcleos.

Hemos dicho también que cada filamento nuclear se divide en un número constante de cromosomas para cada especie celular; esto, y la posibilidad de efectuar artificialmente esta división, por medio de reactivos especiales (agua de Javelle), dejan suponer que la división del filamento que preexiste y que solo se encuentran ligeramente adheridos los diferentes trozos que lo constituyen.

Conocida la forma de la división del núcleo, vamos á estudiar ahora, los diversos procedimientos de división de la célula, puesto que, en el mayor número de casos la división nuclear no es más que la precursora de la división celular.

La división celular puede ser una *bipartición*, ó bien, podemos considerar como casos de ella, la *brotación* ó *gemación* y la *formación libre* interna de células. La bipartición celular se efectúa en el mayor número de veces, inmediatamente después que el núcleo ha terminado sus movimientos y el modo más frecuente de efectuarse es el siguiente. Los meridianos que formaban el huso nuclear no desaparecen y, más aún, aumentan en número y en curvatura de modo que llegan á tocar á las paredes celulares por su interior y más ó menos al nivel de la mitad de la altura de la célula. En otros términos: las paredes celulares, al nivel del ecuador de la célula, quedan colocadas tangencialmente á los meridianos del huso. Así dispuestas las cosas, al nivel de cada uno de los meridianos se van acumulando pequeñas granulaciones de protoplasma condensado, que concluyen por formar un tabique albuminóideo completo que se llama placa celular: cuando este está completo, recien desaparecen los filamentos del huso y sobre este tabique albuminóideo primordial se depositan granulaciones de pectosa y callosa hasta darle bastante consis-

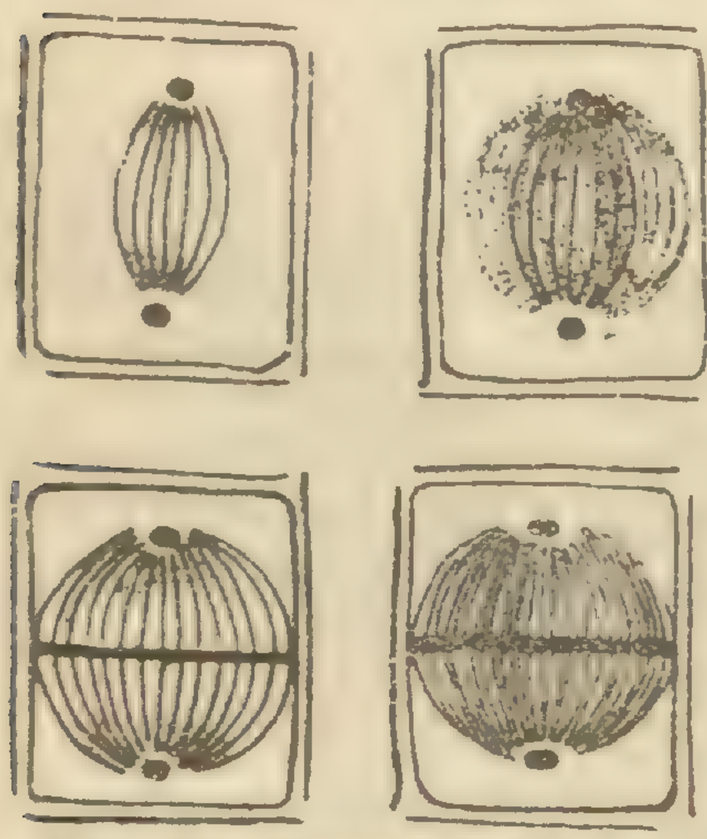


Fig. 22—Esquema del tabicamiento de las células, después de división carioquinética del núcleo.

tencia y constituir la llamada *lámina media*; sobre las dos caras de la tal lámina se van acumulando granulaciones celulósicas hasta que la nueva membrana llega á tener el espesor de las primitivas.

Como un caso especial de la tabicación ó bipartición, que se aparta ligeramente del descripto, se observa en algunas células, que la formación del tabique de división no es uniforme, sinó que el huso nuclear exagera su convexidad hacia una sola de las paredes de la célula, formándose así un tabique parcial por el depósito de partículas sobre los meridianos y cuando esta parte del tabique está concluida, el huso se acerca á la otra pared lateral y, conforme se va acercando, va completando la formación del tabique. Este modo de tabicación se observa en células que poseen mucho jugo celular.

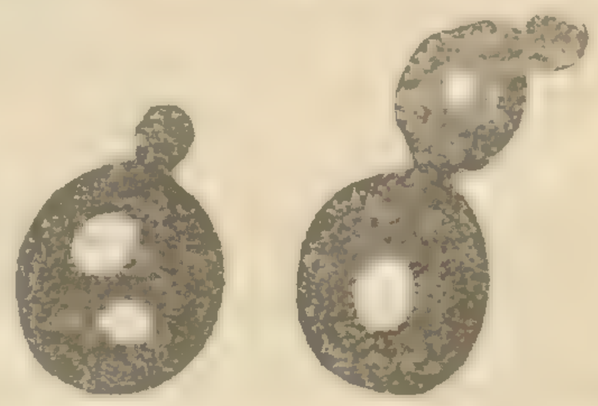


Fig. 23-Células de levadura de cerveza (Saccharomices cerevisiæ) en vías de brotación.

En algunas algas, una vez terminada la carioquinesis, suele observarse la formación del tabique, por el avance de las paredes laterales de la célula, que brotan, por decir así, y de todo el contorno adelantan hacia el eje un diafragma, que va estrechándose cada vez más, hasta constituir un tabique completo.

La brotación celular es también un procedimiento de división indirecta que puede efectuarse en células sin núcleo figurado, como en la levadura de cerveza (*Saccharomices cerevisiæ*), hongo en el cual, en un momento dado, aparece en la superficie de la célula una eminencia de la membrana, que se va llenando de protoplasma conforme va desarrollándose y al mismo tiempo que se va redondeando, hasta que, llegada al volumen requerido, se forma un tabique en el pedículo de unión de ambas células, que quedan entonces separadas.

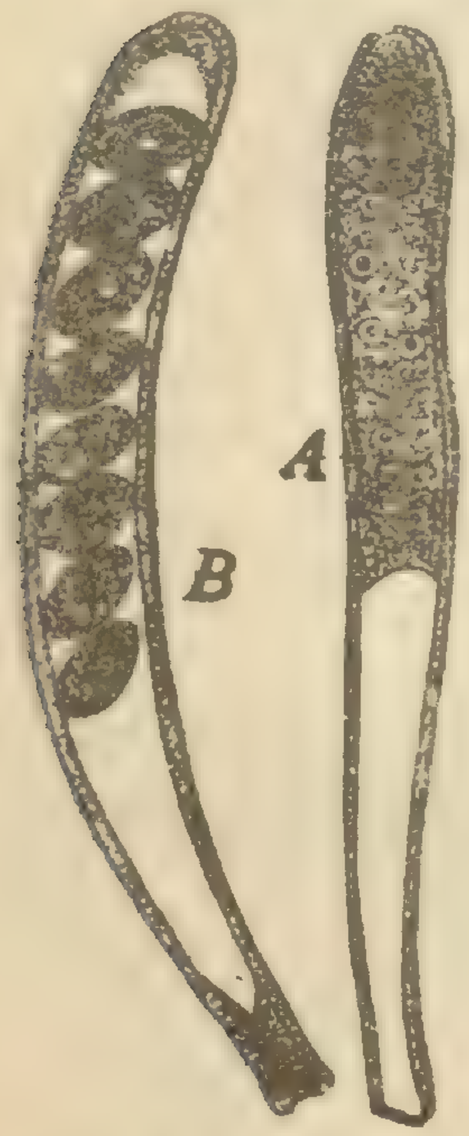


Fig. 24-Formación libre de células en una Ascomiceta (*Peziza confluens*). A. Los núcleos neo-formados.—B. Las células constituidas.

En la producción de los esporos de muchas Basidiomicetas, observamos la brotación en células con núcleo, las qui dividen á este corpúsculo por el procedimiento ordinario y los colocan después, en brotes de su propio cuerpo, provistos de la cantidad de protoplasma necesaria.

Finalmente, aunque el núcleo se divida no es necesario que á esa división siga inmediatamente la de la célula, y así es como entre las Talófitas y especialmente, los Hongos, suelen encontrarse células polinucleadas cada uno de cuyos núcleos se ha originado por carioquinesis.

También en los hongos encontramos ejemplos de formación libre interna, tal como se observa en la formación de los esporos de las Ascomicetas, en las cuales, células especiales denominados *ascos*, dividen su núcleo un cierto número de veces, variable según la especie, pero que generalmente es de ocho ó multiplo de ocho y después que se han formado los núcleos parciales, se rodea cada uno de ellos, de una cantidad de protoplasma, constituyéndose así otras tantas células; generalmente no se consume todo el protoplasma del asco en la formación de las células hijas, sinó que, una parte queda reservada para la nutrición de las mismas, hasta que, habiendo llegado á su estado adulto, abandonan el pellejo de la célula madre y se rodean á su vez de nueva membrana.

En las plantas superiores se observa la formación libre de células en la génesis del endosperma de las semillas, en la que el núcleo del saco embrionario se divide por carioquinesis, repetido número de veces, sin que á esta división corresponda la inmediata formación de tabiques, que solo tiene lugar algún tiempo después.

No insistimos en detallar un punto sobre el que tendremos que volver al estudiar el óvulo y la semilla.

CAPÍTULO III

FORMAS CELULARES TIPICAS.-TEJIDOS

12.—**Formas celulares típicas.**—Antes de entrar en el estudio de las agrupaciones de células que constituyen los tejidos, vamos á estudiar las formas celulares más características, ó sea, las peculiaridades que distinguen á estos elementos histológicos, bien sea por su contenido protoplasmático, por sus funciones, la naturaleza de su membrana, etc.; pues según que predomine uno de los caracteres que hemos estudiado en las generalidades sobre las células, ese predominio imprime á estos elementos una fisonomía especial, que en conjunto posee también el tejido por ellas formado.

Todas las formas celulares pueden reducirse á dos clases, si atendemos á su facultad reproductiva: las células *meristemáticas*, que son las que gozan de la facultad de reproducirse y las células *definitivas*, que han perdido esa propiedad.

Células meristemáticas.—Las células meristemáticas son las que originan á todas las demás, y constituyen por su agrupación los *meristemas* ó tejidos primordiales del vegetal. Son células de paredes celulósicas delgadas, que poseen abundante cantidad de protoplasma y generalmente un núcleo muy voluminoso, que está en perpétua actividad carioquinética.

Entre los elementos histológicos definitivos y con formas y caracteres bien definidos, vamos á estudiar: las células *parenquimáticas*, las *esclerenquimáticas*, las *colenquimáticas*, las *epidérmicas* y con ellas las *secretoras*, las *peridérmicas* y las *constrictoras*; finalmente, los *vasos* y las *fibras*, que son células ó agrupaciones de ellas, más ó menos diferenciadas.

Parenquimáticas.—Las células *parenquimáticas* son de formas variables, más ó menos isodiamétricas, vesiculares, prismáticas, de formas irregulares, etc., y poseen membranas celulósicas delgadas, abundante protoplasma y núcleo. Varían el resto de sus caracteres, por los contenidos diversos que poseen, según las funciones de nutrición á que están destinadas; hay por consecuencia células parenquimáticas *clorofílicas amiláceas*, *oxalíferas*, etc., según el predominio de los cloroleucitos, de los amiloleuci-

tos ó de los cristales de oxalato, entre sus contenidos intracelulares. Las células parenquimáticas jóvenes se diferencian difícilmente de las meristemáticas y si á la dificultad de la diferenciación morfológica, agregamos la de que, en muchos casos pueden readquirir el poder de dividirse, comprenderemos que su distinción con las células de división no es absoluta.

Colenquimáticas.—Las células *colenquimáticas*, son células parenquimáticas que han destinado la actividad vital de su protoplasma al engrosamiento de su membrana ó pared celular sin que por eso dejan de ser celulósicas.

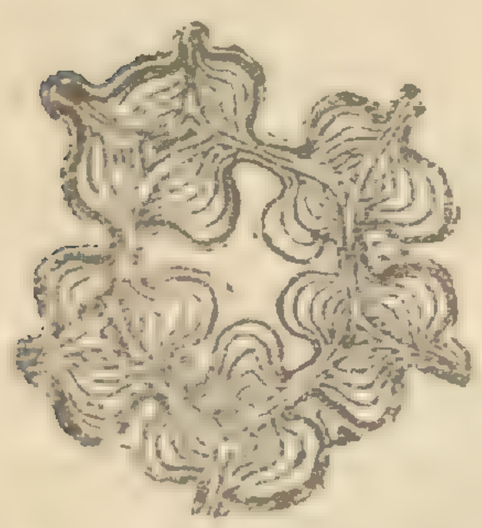


Fig. 25—Célula colenquimática aislada y engrosada por la acción de la potasa.

Estas células son, pues de formas análogas á las anteriores, pero tienen su membrana engrosada de diversas maneras, comunmente en las aristas de los ángulos que forman, y otras veces, adquieren formas alargadas y el engrosamiento de la pared es más ó menos uniforme, siendo en tal caso algo difícil su distinción de las fibras, que estudiaremos más adelante. Las células colenquimáticas no forman, casi nunca, tejidos por sí solas, sino intercalándose entre, las parenquimáticas.—Por su resistencia son células destinadas á dar mayor consistencia á los tejidos. Abundan en los peciolos de muchas hojas.

Esclerenquimáticas.—Las células *esclerenquimáticas* pueden ser por sus formas, análogas á las dos anteriores, aunque más común es, que sean alargadas, siendo entonces confundibles con las fibras; pero cualquiera que sea la forma, su rasgo dominante es el engrosamiento estratificado de su membrana y la incrustación leñosa que han sufrido. Las células esclerenquimáticas, son al principio células parenquimáticas, la actividad de cuyo protoplasma se limita á la producción de nuevas capas de engrosamiento, llegando á tal extremo, que en algunos casos la luz ó calibre de la célula viene á quedar reducido á un punto, en corte transversal, ó á una línea, en corte longitudinal. Estas células llevan muy frecuentemente puntuaciones, ó sea, esculturas en hueco de la pared celular, originadas por defecto de crecimiento y destinadas á asegurar libre y fácil comunicación al protoplasma, encerrado dentro de tan gruesas paredes. Las células de esta clase no forman tejidos por sí solas, sino excepcionalmente (huesos ó núcleos de los frutos llamados *drupas*), más generalmente se encuentran aisladas ó en pequeños grupos ó manojos intercalados entre las células parenquimáticas, para dar á los tejidos formados por estas últimas, mayor consistencia.

Fig. 26—Grupo de células esclerosas.

Epidérmicas.—Las células *epidérmicas*, son muy comunmente aplanadas, poseen protoplasma y núcleo y solo por excepción cloroleucitos (epidermis de los helechos); su particularidad más interesante es la propiedad que tienen de *cuticulizar* su membrana superficial, ó sea, de transformar su celulosa en *cutina*, sustancia completamente impermeable.

Fig. 27 – Epidermis con estomas de una hoja de Dicotiledónea.

A la par de las células epidérmicas hay que mencionar como elementos, también muy característicos, las células *constrictoras* ó formadoras de estomas, originadas generalmente, á expensas de las anteriores y que aunque de formas variables, muy comunmente presentan un lado convexo y otro cóncavo y como se agrupan de á dos y se miran por el lado cóncavo contribuyen á formar un espacio entre ambas (véase estomas). Las células constrictoras se destacan entre las epidérmicas por su forma, su colocación y por su contenido clorofílico, que como hemos visto no se encuentra en las anteriores.

Suberosas.—Las células *suberosas* forman tejidos que desempeñan un papel fisiológico análogo al de la epidermis. Son aplanadas, de paredes más ó menos espesas y compuestas por una sustancia especial llamada *suberina*, análoga á la cutina y que dá á las células la misma propiedad de la impermeabilidad. Las células suberosas carecen de protoplasma y de núcleo: son células muertas; — pueden distinguirse dos variedades: las de las células suberosoas propiamente dichas, que forman tejidos superficiales que revisten á la raíz y tallos viejos y cuya transformación suberosa es completa, en toda su membrana y las de las *células endodérmicas*, que se encuentran entre la corteza y el cilindro central de tallos y raíces y cuya suberificación no se efectúa más que en una cierta zona de su superficie.

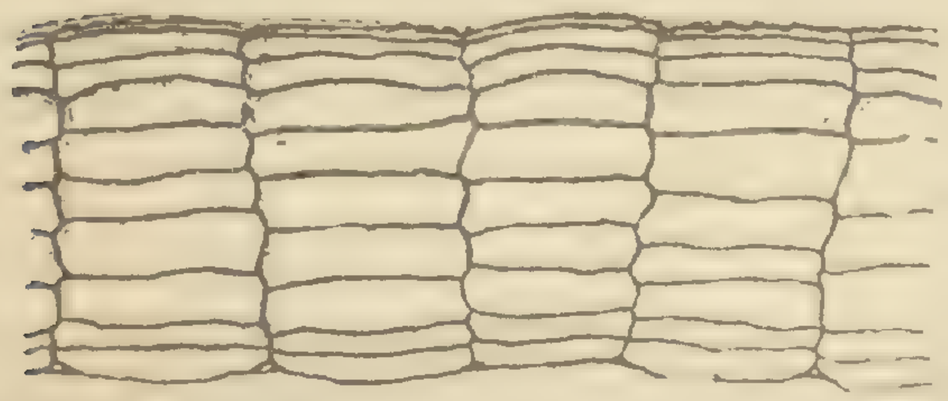


Fig. 28—Células suberosas de un tubérculo de papa (*Solanum tuberosum*).

Además de todos estos tipos celulares se encuentran muchos otros, pero que por no ser tan frecuentes, ni constituir complejos celulares típicos no exigen una descripción especial.

Son por el contrario elementos histológicos muy característicos, las *fibras* y los *vasos*.

Fibras.—Las fibras son células muy alargadas, generalmente fusiformes y cuyo rasgo principal ó más saliente es el de poseer una pared sumamente engrosada, hasta el extremo de que la cavidad de ella viene á quedar reducida, á veces, á un punto en corte transversal y á una línea en corte longitudinal. En cuanto á la naturaleza de esas paredes, las hay puramente celulósicas y las hay fuertemente lignificadas. Estos elementos son los que constituyen, en su mayor parte, á los tejidos de sostén del vegetal; siendo éstos más ó menos resistentes y más ó menos flexibles, según la mayor ó menor transformación leñosa de las fibras. Como que son elementos que sirven por sus paredes, es fácil comprender que las funciones vitales propias del protoplasma están en ellas reducidas al *mínimum*, y que como una consecuencia de ello, ya que no tienen gaandes intercambios con los elementos vecinos, las esculturas de sus paredes son escasas ó faltan por completo. Las fibras pueden constituir manojos ó verdaderos macizos, formando parte del tejido *fibro-vascular* ó *libero-lenoso* ó pueden encontrarse aisladas en medio de los parénquimas.

Tráqueas.—Los *vasos* propiamente dichos ó *vasos de la madera*, ó *tráqueas* son elementos formados por la unión de varias células por sus extremidades, con transformación leñosa consecutiva de sus paredes y reabsorción más ó menos completa de los tabiques de separación de las células: pueden ser *abiertos* ó *perfectos* y *cerrados* ó *imperfectos*. Los vasos nos presentan más comunmente los dibujos ó esculturas en relieve de sus membranas y á ésto y á su lignificación deben su gran resistencia.

Los vasos más jóvenes de una planta son comunmente cerrados ó imperfectos y muy generalmente también, los tabiques de separación de los diversos segmentos no son perpendiculares al eje del vaso, sinó oblícuos. Generalmente las primeras tráqueas que aparecen en un vegetal son las anilladas, ó sea aquellas cuyas paredes celulósicas no tienen más engrosamiento y lignificación que al nivel de ciertos anillos que sobresalen en el calibre del vaso. Estos elementos no tendrían suficiente resistencia para permanecer abiertos, por tener sus paredes celulósicas, sinó poseyeran esos anillos rígidos que obligan á las paredes á mantenerse separadas.

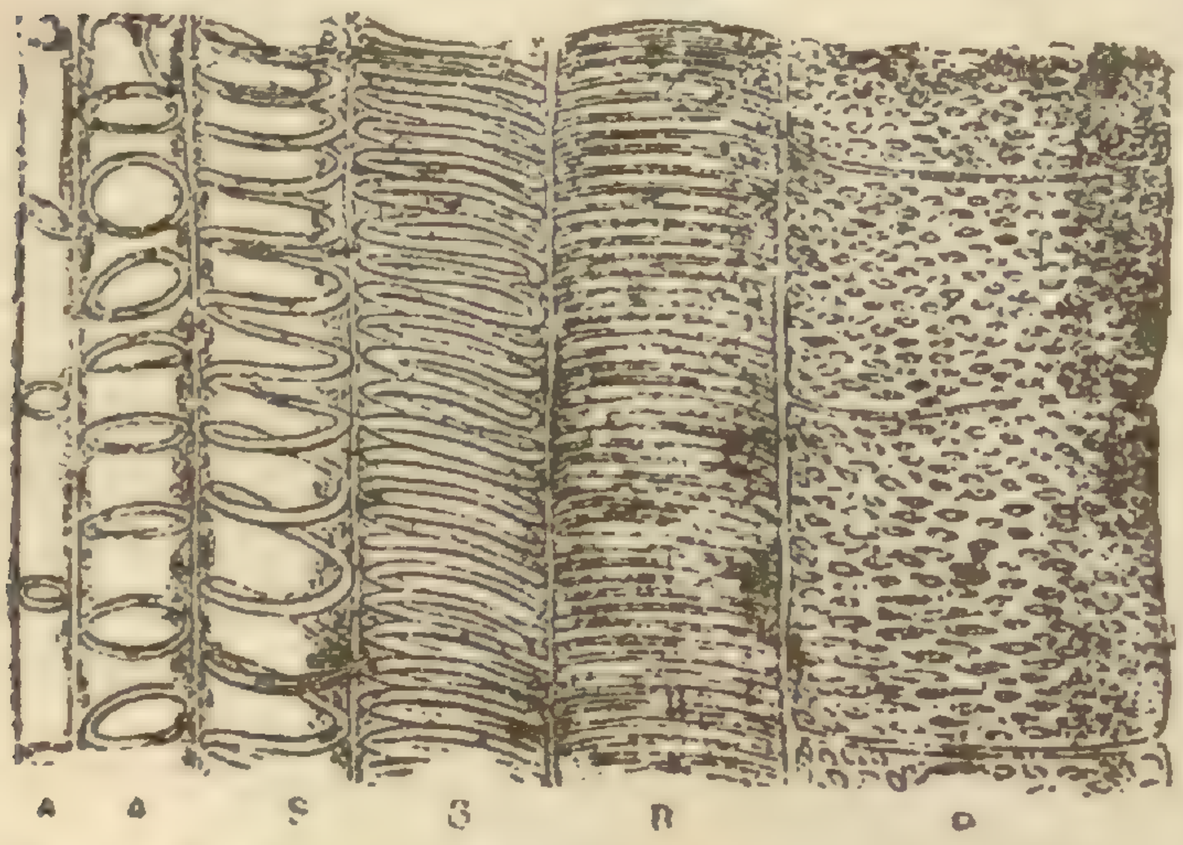


Fig. 29—Diversas clases de vasos—A A, anillados—S. S.' espiralados—R. rayadas. P. punteados.

Los vasos de las regiones más tiernas del vegetal, regiones que aún se encuentran en vías de crecimiento, poseen siempre esculturas en anillos ó en espirales, porque son las que mejor se prestan á permitir el ulterior crecimiento intercalar del vaso. No es dificil observar que los vasos de esta clase tienen al principio sus anillos ó las vueltas de sus espiras muy aproximadas y que conforme se desarrolla el tejido en el que se encuentran esos anillos ó esas espiras, so alejan unas de otras.

Más adelante, conforme van diferenciándose los tejidos, van apareciendo otras clases de esculturas; así, por ejemplo, si en un vaso espiralado que ha terminado su crecimiento, se forman nuevas fajas de lignina que unan, oblícua ó longitudinalmente las vueltas de la espira, se forman vasos *reticulados* y *rayados*; elementos que son aún imperfectos ó cerrados y la unión de cuyos segmentos (primitivas células) se hace oblícuamente ó en bisel. Algunas veces los primitivos engrosamientos anillados se disponen de un modo muy regular, al mismo tiempo que la tráquea toma una forma prismática por las presiones que sufre y así se forman los vasos *escaleriformes*, así llamados por parecerse sus esculturas á los escalones de una escalera de mano.

Finalmente, si el engrosamiento y lignificación de las paredes del vaso se hace en casi toda la superficie, se forman los vasos *punteados*, que se caracterizan por el engrosamiento considerable de las paredes, salvo al nivel de ciertos puntos, más ó menos regularmente colocados, y en donde la pared se mantiene delgada y celulósica, como para asegurar los intercambios nutritivos con los elementos celulares próximos. Los vasos punteados son generalmente perfectos ó abiertos.

Hay una clase de vasos que se aproximan á las fibras, por las funciones que desempeñan, son las *traquéidas areolares*, cuyas puntuaciones se originan por una forma especial de crecimiento, que ya hemos explicado.

Los vasos que hemos estudiado constituyen los elementos característicos de la *madera* ó *xilema* y aunque en su origen, cualquiera que sea la planta vascular que estudiemos, son todos anillados ó espiralados, se diferencian después, según la clase vegetal; predominando los vasos escaleriformes en las Criptógamas vasculares, los punteados en las Angiospermas y las tranquéidas areolares en las Gimnospermas.

Hay sin embargo algunas Angiospermas que poseen tranquéidas areolares.

Vasos cribosos—Los *tubos ó vasos cribosos*, también llamados *liberianos* ó *floematicos*, caracterizan al líber, del mismo modo que las tráqueas caracterizan á la madera. Su origen es análogo al de los anteriores, quiere decir que están formados por hileras de células unidas por sus extremidades. Sus paredes no se le lignifican y por consecuencia su cali-

bre no existe siempre, porque son susceptibles de ser aplanados por los elementos vecinos.

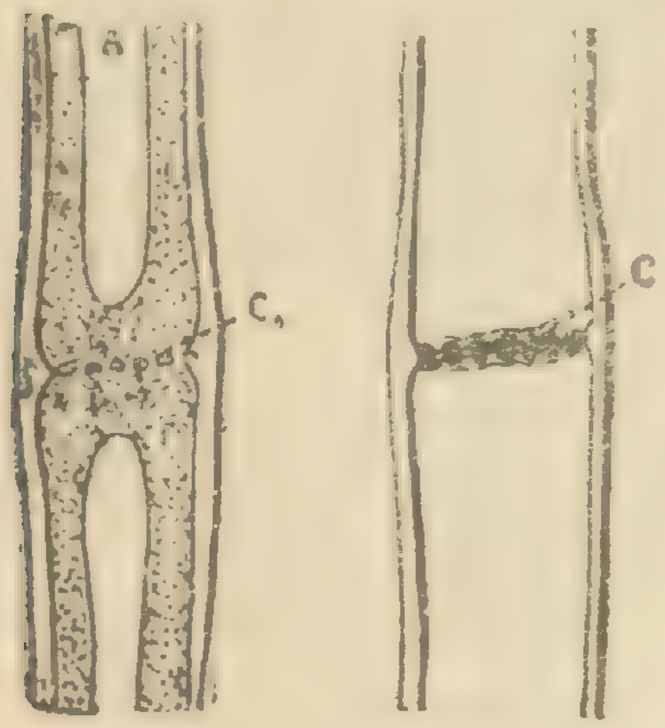


Fig. 30. Vasos cribosos. A, mostrando la criba. C. en corte longitudinal y el protoplasma granuloso. B. el mismo con la criba C, cerrada por el callo.

Los tubos cribosos se distinguen también por tener sus tabiques transversales perforados por agujeros que los hacen parecer á una criba. Esos tabiques están formados primitivamente por protoplasma condensado, en el que se forma un depósito celulósico, pero no contínuo sinó en forma de malla, persistiendo el tabique albuminoideo en el resto de la superficie. Estos tubos no siempre son permeables: durante la primavera y el verano, cuando la actividad de los vegetales es mayor, ciertas partes del tabique, sufren en puntos determinados el fenómeno de la gelificación, lo que da por resultado la producción de agujeros por donde circula el jugo nutritivo llamado savia. Durante el invierno esos agujeros se ocluyen por la formación del *callo*, depósito de callosa que hace el vaso impermeable.

Los tubos cribosos, al revés de las tráqueas que son elementos muertos ó sin protoplasma, poseen esta última sustancia, hasta que llegan á su completo desarrollo.

Los tabiques transversales cribosos que son al principio perpendiculares al eje del tubo, se hacen después oblícuos.

Los vasos de esta clase van muy frecuentemente acompañados por células anexas y alargadas que reciben el nombre de *auxiliares* ó *compañeras*. No es raro encontrar cribas de comunicación en las paredes laterales de los vasos, que establecen comunicación entre ellos y las células auxiliares; estas comunicaciones pueden hacerse también con algún otro elemento histológico vecino. Como se vé, la formación de las cribas en estos vasos no es más que una *normalización*, por decir así, de lo que hemos visto que sucede, á veces, en las membranas celulares, que dejan pequenos orificios de comunicación para los protoplasmas.

Aún en su desarrollo completo tienen los vasos cribosos paredes celulósicas, y protoplasma; aunque este último figure en escasa cantidad, puede observarse su presencia haciéndole sufrir una contracción, usando de sustancias deshidratantes.

Células secretoras—Finalmente, podemos comprender en esta descripción de elementos celulares típicos á las llamadas *células secretoras*, que si bien pueden ser por su origen, formas y colocación, simples células epidérmicas ó parenquimáticas se distinguen de estas por la propiedad de acumular dentro de su protoplasma ó derramar en canales ó bolsas es-

peciales, sustancias diversas, producidas por la desasimilación de la planta. Más adelante estudiaremos con mayores detalles á estas células y su manera de funcionar.

13. **Tejidos** Todas estas formas celulares que hemos estudiado, agrupándose de diversas maneras constituyen los tejidos; los que podremos definir diciendo: *que son los complexos ó conjuntos de células, puras ó transformadas que desempeñan iguales funciones.*

Origen—Los tejidos pueden originarse por la unión de células primitivamente libres, ó bien por el tabicamiento continuado de una ó más células originarias, y en las plantas inferiores por procedimientos mixtos de formación.

Observaremos también, antes de pasar más adelante, que tanto en las plantas superiores como en las inferiores solemos encontrar tejidos *disociados*, es decir complexos celulares formados por el tabicamiento de una ó más células y las cuales, en un momento dado, hacen sufrir el fenómeno de la gelificación á sus láminas medias y las células se separan. Nos suministran ejemplos de tejidos disociados: las *Bacteriáceas* entre las criptógamas y los granos de polen en las *Fanerógamas*.

Los tejidos originados por asociación son raros y por lo tanto solo mencionaremos el ejemplo que nos suministran las Algas de la familia, de las *Cenobiéas*, las que constituyen su talo ó cuerpo vejetativo por la asociacióo de *16 células*, primitivamente libres.

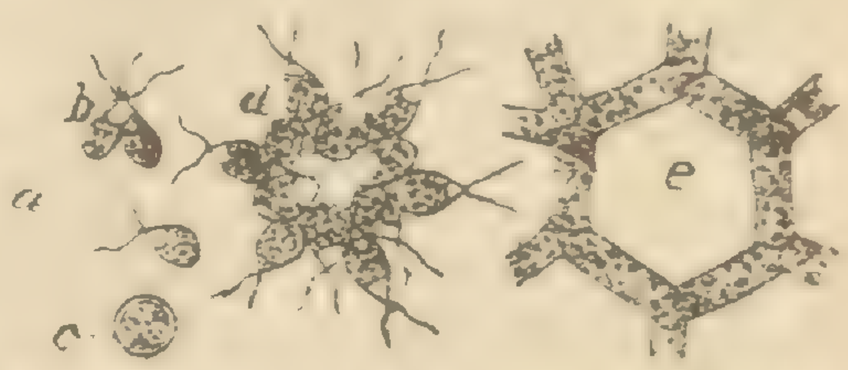


Fig. 31 –Ejemplo de formaoión de tejidos por asociación de células. (*Hydrodictyon utriculatum*).

Los casos de formaciones mixtas de tejidos son también poco frecuentes; solo mencionaremos los *pseudoparénquimas* de algunas Talófitas, así llamados por su modo de originarse, á expensas de la unión y entrecruzamiento de filamentos celulares, que se han originado á su vez por tabicamientos sucesivos de las células, en una sola de las direcciones del espacio.

En resúmen, la que es más general, es la formación de tejidos á expensas de una ó varias células que reciben el nombre di *iniciales* y que por biparticiones sucesivas van originando nuevas células que, no diferenciadas, al principio y dotadas de la propiedad de dividirse constituyen los *meristemas*.

Meristemas—Los meristemas engendradores de tejidos pueden dividirse en primarios y secundarios. Los primeros provienen directamente del embrión ó de la plántula y se conservan perennemente, mientras vive el miembro á cuyo crecimiento están destinados y los segundos se

originan á expensas de los primeros ó bien á expensas de un parénquima, que por el hecho de que sus células readquieran la propiedad de dividirse se transforma en meristema. Nos suministran ejemplos de meristemas primarios los que se encuentran en los puntos extremos del tallo, y de la raíz y encontraremos meristemas secundarios en el *cambium* de los haceci-llos fibro-vasculares de las dicotiledóneas y gimnospermas, en el *felógeno* de las mismas, etc.

Fig. 32—Corte longitudinal del meristema terminal de uñ tallo de *Conífera*—a cono terminal—b esbo-zo de una yema axilar—c esbozo de una hoja.

Los meristemas primarios poseen una ó más células que ocupan la región extrema de ellos y que son llamadas iniciales; esas células son las que más frecuentemente se dividen siguiendo líneas distintas, que varían con el número de ellos, el órgano en el que se encuentran y el grupo de plan-tas á que pertenecen.

Las Criptógamas vasculares poseen, tanto en el tallo como en la raíz una sola célula inicial, gene-ralmente tetraédrica. Las Fanerógamas, por el con-trario, poseen en las mismas regiones tres células ó tres grupos de ellas.

Conforme nos alejamos de los puntos vegetativos ó de crecimiento, vemos como las células que eran al principio más ó menos iguales: células meristemáticas, van poco á poco diferenciándose en sus formas y estructura: unas conservan su núcleo y su protoplasma y no es-pesan sus membranas, otras conservan su protoplasma y espensas y trans-forman su membrana superfcial; aquellas crecen considerablemente en l ongitud; estas se uren formando cadenas, y reabsorben después sus ta b iques transversales constituyendo un todo contínuo. Cuanto más ele-vado es el vegetal tanto más avanzada es esa diferenciación.

Clasificación—Ahora bien, ¿Cómo pueden clasificarse las diferentes formas de tejidos? Atendiendo á su origen, á sus funciones, á las formas de sus elementos constitutivos, etc.

Esta clasificación, por razones que no nos toca enumerar, es bas-tante difícil y obligados á adoptar alguna aceptaremos la de Sachs, que divide los tejidos de los vegetales en meristemáticos, ya estudiados, y definitivos y estos á su vez los sub-divide en tejido *fundamental*, *epidér-mico y fibro-vascular.*

El tejido fundamental como su nombre lo indica forma general-mente, la *parte activa* para la nutrición del vegetal; el epidérmico com-prende todos los tejidos que revisten las partes superficiales de la planta

y el fibro-vascular desempeña esencialmente, un doble papel fisiológico, es el tejido de sostén y el de circulación.

14. Tejido fundamental—El tejido fundamental también llamado conjuntivo está constituído casi siempre por células *parenquimáticas*, con todas sus variedades de clorofílicas, amilíferas, etc. Casi nunca es parénquima puro, sino que va acompañado por *esclerénquima* y *colénquima;* estos dos últimos tejidos no forman tejido fundamental por si solos, sino excepcionalmente.

Conocida su constitución vamos á estudiar su distribución general en los tallos, en las hojas *y* en las raices refiriéndonos únicamente á las llamadas formaciones primarias, que son las agrupaciones de tejidos provenientes de los meristemas primordiales.

TALLOS DE LAS CRIPTÓGAMAS VASCULARES.—Los tallos de las *Criptógamas vasculares*, que son *politélicos*, es decir que poseen varios celindros de hacecillos fibro-vasculares, están formados más ó menos uniformemente por tejido fundamental, salvo el lugar ocupado por los cordone libero–leñosos; de manera que podremos observar en ellos, un parén quima cortical y una parte central, más ó menos desarrollada según la mayor ó menor cantidad de tejido fibro vascular. Como los cordones ó *esteias* no son muy abundantes, ni llegan nunca á serlo por ser plantas que no tienen formaciones secundarias, el tejido parenquimático se hace muy frecuentemente esclerenquimático, constituyendo así un *estereoma* ó aparato de sostén. Así, se observa la epidermis y el tejido parenquimático subyacente, muy comunmente transformados en tejidos esclerenquimáticos que abundan también alrededor de cada uno de los hacecillos fibro-vasculares; viéndose, á veces, anillos más ó menos completos de esclerénquima, en pleno tejido fundamental y á cierta distancia de las estelas.

En las *Equisetáceas*, una de las clases en que se divide el grupo de las Criptógamas vasculares, la distribución del tejido fundamental se hace de un modo más regular.

En estas plantas, que poseen tallos huecos ó fistulosos, el tejido fundamental forma una corteza primordial, más ó menos espesa, en la que se encuentran alojados los hacecillos fibro-vasculares, los cuales poseen una disposición muy especial, que ya estudiaremos, más adelante.

En esa corteza se puede observar una capa más superficial, sub-epidérmica, que desde muy temprano se distingue de la siguiente por la esclerificación de las células que la forman, constituyendo así un buen aparato de sostén ó estereoma, que recibe el nombre especial de *hipodermis*. La capa que la sigue y en la que se encuentran, precisamente, los haces fibro-vasculares, está formada por células parenquimáticas, cuya única

característica, digna de mención, es la de que sus células más superficiales, ó sea, las que lindan con la hipodermis, son sumamente clorofílicas.

Las equisetáceas poseen hojas muy rudimentarias, por eso las funciones clorofílicas, que comúnmente son patrimonio de estos órganos, están en estas plantas, á cargo del tallo.

Al rededor de cada uno de los hacecillos libero-leñosos, el parénquima se diferencia, lo mismo en las Equisetáceas que en las otras dos clases de las Criptogamas vasculares, notándose generalmente, una vaina esclerosa y una endodermis.

Tallos de las Monocotiledoneas.—En las *Monocotiledóneas* el tallo tiene su tejido fundamental distribuido de un modo parecido al de las Criptógamas vasculares, si se exceptúan algunas que tienen una estructura mucho más parecida á la de las Dicotiledóneas (*Convallaria maialis*).

En estas plantas, el tejido conjuntivo ó fundamental, que es casi todo parenquimático, si el tallo es herbáceo, ocupa en un corte tranversal toda la superficie, con la única excepción de los pequeños espacios ocupados por los hacecillos libero-leñosos, que salpican más ó menos regularmente el parénquima y en tanta mayor abundancia cuanto más leñosa es la planta.

En las Monocotiledóneas no puede, pues, apreciarse la diferencia entre un médula y una parénquima cortical.

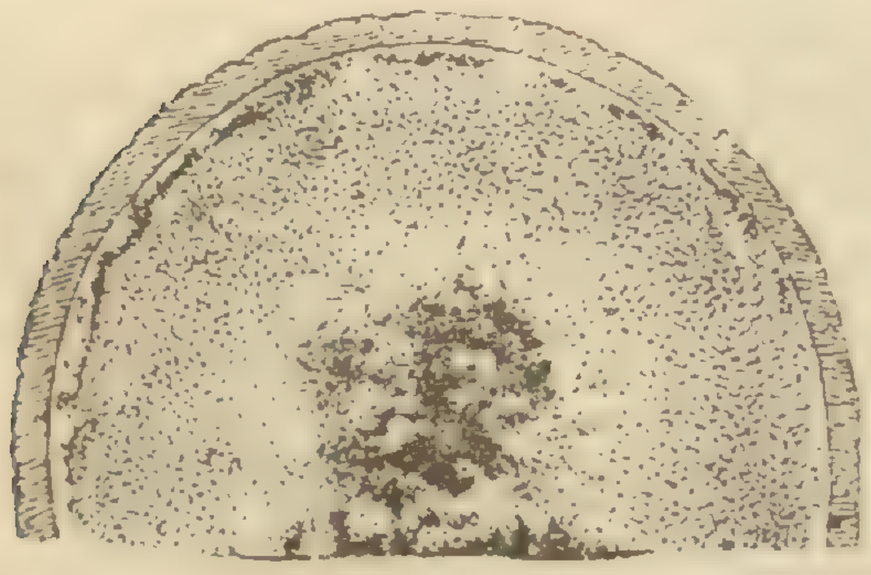


Fig. 33—Corte transversal de un tallo de Monocotiledonea—a. corteza—b c, región en donde se encuentran más agrupados los hacecillos liberos—leñosos; d. región medular esclerificada y con pocos hacecillos.

Como estas plantas no poseen formaciones secundarias, se ven obligadas á esclerificar una parte de sus células parenquimáticas para constituir un aparato de sostén. Las Monocotiledóneas leñosas esclerifican sus células sub-epidérmicas ó parénquima superficial *y* muy frecuentemente, también y aún en los tallos herbáceos, se observa una producción de células esclerenquimáticas al rededor de los hacecillos fibro-vasculares, formando una vaina esclerosa más ó menos cerrada—Es lo que constituye la *hipodermis* de algunos autores.

En las Monocotiledóneas que como la Convallaria, ya citada, poseen una estructura más próxima á la de las Dicotiledóneas, se observa también, como modificación del tejido fundamental una *endodermis* bien diferenciada, que constituye una capa límite entre los hacecillos libero-leñosos, que ocupan el centro, y la parte cortical.

Tallos de las Dicotiledoneas y gimnospermas. — La distribución del tejido fundamental en los tallos de las Monocotiledóneas y Criptógamas vasculares, que hasta ahora hemos estudiado, se encuentra durante toda la vida del tallo, con las ligeras modificaciones que les imprime el estado adulto, modificaciones que hemos también mencionado. Las Dicotiledóneas y Gimnospermas poseen en sus tallos y en sus raíces, principalmente, formaciones ó estructuras llamadas primarias, originadas directamente por los conos vegetativos terminales, y estructuras ó formaciones secundarias que se originan á expensas de meristemas también secundarios.

Las formaciones primarias, en lo referente al tejido fundamental, son las únicas que nos van á ocupar por el momento, dejando el estudio de las formaciones secundarias para cuando estudiemos cada órgano de la planta en particular.

Las formaciones secundarias no se observan más que en las Dicotiledóneas y Gimnospermas adultas y leñosas; de manera que la descripción que vamos á hacer enseguida de la distribución del tejido fundamental en el tallo de estas plantas, solo se refiere á las que se encuentran en vías de desarrollo ó á las que son siempre herbáceas.

En los tallos de estos vegetales, en corte tranversal y yendo de fuera adentro, se encuentra el tejido fundamental, formando por debajo de la epidermis lo que se llama la *corteza primordial*, cuya última capa de células llamada *endodermis*, separa á dicha corteza del cilindro central; el que está constituído en una parte más ó menos importante por los hacecillos fibro vasculares, salvo los espacios ocupados por la *médula*, los *radios medulares*, y el *periciclo*. En resumen puede compararse, aunque muy esquemáticamente, la distribución del tejido fundamental en estos tallos y en corte transversal con las formas y disposición de las diversas partes que constituyen á una rueda de un coche; en la que la parte central ó masa de la rueda representaría á la médula, los rayos serían la expresión de los radios medulares primarios y el círculo mayor de la rueda, por debajo de la llanta representaría á la corteza primordial; sacando el mayor provecho al esquema compararíamos la llanta á la epidermis.

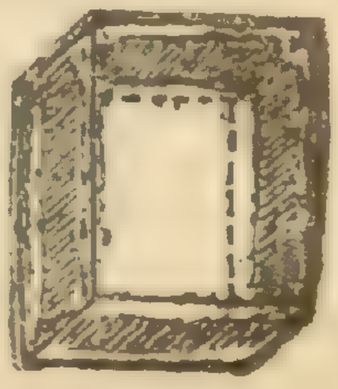


Fig. 31 –Esquema de una célula endodérmica que deja ver la zona en donde se hace la suberificación y plegamiento.

Vamos ahora á estudiar más detalladamente las diversas zonas de esta distribución y las particularidades más dignas de mención que en ellas encontremos.

La corteza primordial comprende casi siempre varias capas de células que poseen caracteres que les son propios. La capa más superficial ó sea la que linda con la epidermis es muy frecuentemente colenqui-

mática ó esclerenquimática y está constituída á veces por verdaderas fibras celulósicas (*Cannabis sativa*): se la llama *exodermis*. La capa ó capas subsiguientes están formadas por células parenquimáticas, más ó menos isodiamétricas, que dejan entre ellas espacios vacíos ó *meatos*, más ó menos grandes y que por sus contenidos celulares son francamente clorofílicas: constituyen, pues, la parte activa de la corteza. La última capa de células de la corteza, la que está próxima al cilindro central es la *endodermis*, constituída por células de corte cuadrado, que no forman espacios entre ellas y con las célúlas más profundas (periciclo), y que poseen dos caracteres fundamentales: la suberificación ó cutinización de una parte limitada de sus membranas y su contenido amiláceo.

Las células de la endodermis, lo mismo en el tallo que en la raiz suberifican ó cutinizan una pequeña faja alrededor de cuatro de sus caras (considerándolas cúbicas) es decir, sus dos caras radiales y las dos transversales; ó en otros términos, y considerando á unas de estas células aislada y mirándola de frente, observaríamos esa cutinización en una pequeña zona que ocupa la parte media de las caras superior, inferior, derecha é izquierda, permaneciendo celulósicas y lisas las caras anterior y posterior, que lindan con la última capa de células parenquimáticas clorofílicas la primera, con el periciclo la segunda.

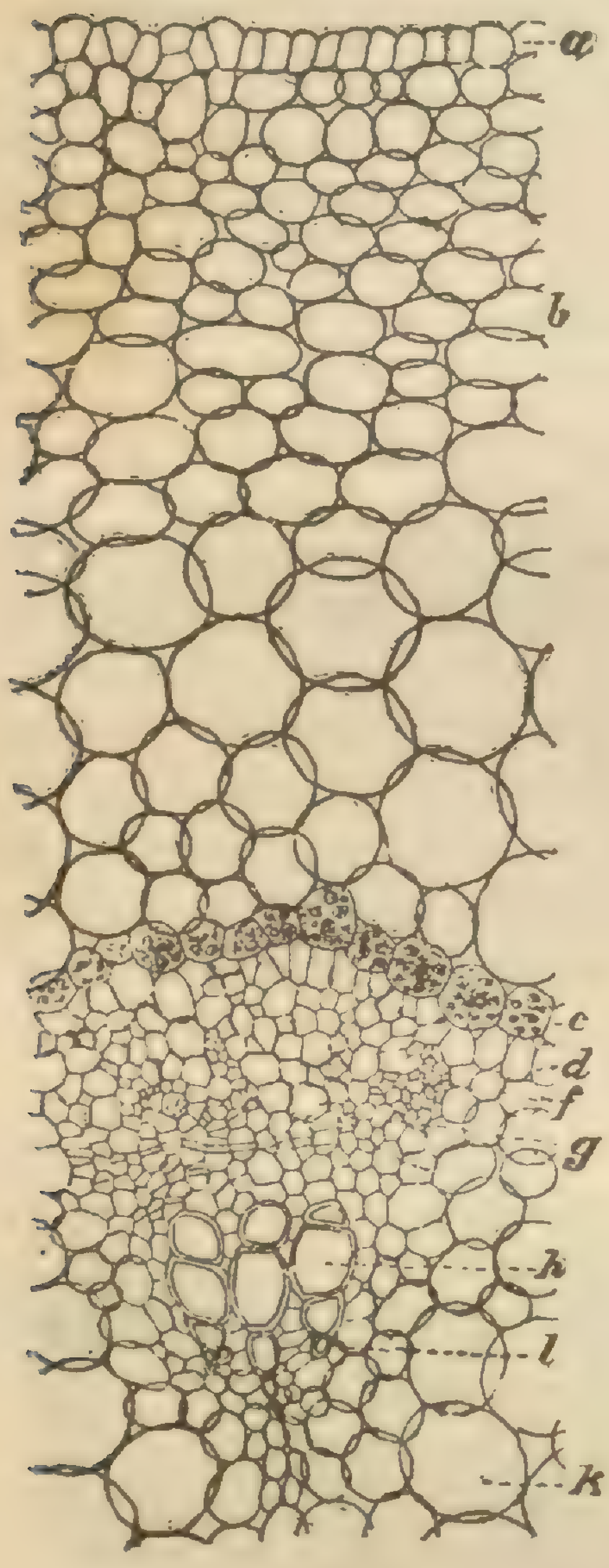


Fig. 35—Corte transversal de un tallo joven de Dicotiledónea (formaciones primarias) *a*, epidermis—*b*, parénquima cortical — *c*, endodermis—*d*, periciclo—*fg*, hacecillo liberiano con el corte de vasos cribosos en *f*.—*h*, *i*, corte del hacecillo leñoso con vasos punteados —(*h*) y espiralados (*i*)—*k*, médula.

La zona central ó médula está constituída por células poliédricas, que poseen, á veces contenidos celulares que sirven de alimento de reserva y que puede dividirse en el mayor número de los casos, en una zona *perimedular* constituída por células ligeramente alargadas y una zona medular, propiamente dicha.

Las células de la médula pueden tener formas irregulares y dejan generalmente entre ellas meatos. Algunas veces la médula falta ó está representada por pocas hileras de células.

Finalmente, los radios medulares establecen relación entre la médula por un lado y la corteza primordial por el otro, radios que no

presentan particularidad digna de mención á no ser la de que son más ó menos espesos, según la mayor ó menor abundancia de hacecillos fibrovasculares.

Solo nos queda por describir el *periciclo*, también llamado zona rizógena, por desempeñar el mismo papel que el de la raíz, ó sea, el de poder originar raicillas. El periciclo, aunque perteneciendo al tejido fundamental por la estructura de sus células, forma parte integrante del cilindro central. por su origen primordial. Está formado por células ó por fibras celulósicas, que están colocadas alternamente con las células de la endodermis. El periciclo puede estar constituído por una ó más capas de células; pero en este último caso, siempre la capa más superficial, tiene á sus elementos, alternos con los de la endodermis, carácter de gran importancia porque acusa un origen distinto, en ambas.

En algunos casos suelen encontrarse esclerificados los elementos histológicos del periciclo.

Lo que hemos dicho respecto á la distribución del tejido fundamental en el tallo de las Dicotiledóneas es aplicable también á las mismas formaciones primarias de las Gimnospermas.

El tejido fundamental en las raíces.—La distribución del tejido fundamental se hace de la misma manera en todas las raíces de las plantas vasculares, bien entendido que nos referimos siempre á las llamadas formaciones ó estructuras primarias, ó sea á los tejidos que derivan directamente del meristema terminal y que son los únicos en las Monocotiledóneas y Criptógamas vasculares.

Macroscópicamente, puede ya observarse en las raíces dos partes, que se destacan á veces con gran nitidez: la corteza y el cilindro central. La primera, relativamente más gruesa que el segundo y mucho más gruesa comparándola con la del tallo.

Ahora bien, en un corte transversal practicado en una raicilla al nivel de los pelos radiculares, observaremos las siguientes capas, yendo de fuera hacia adentro: la *zona ó capa pilífera* la *capa suberosa*, el *parénquima cortical externo*, el *parénquima cortical interno* y la *endodermis*. La *zona pilífera* está constituída por una ó más capas de células que gozan de la propiedad de alargarse en mayor ó menor extensión para formar los pelos radiculares. En la mayor parte de las raíces, la capa es simple, pero en algunas raíces áereas de Orquídeas y Aroídeas se hace compuesta, constituyéndo el *velo*.

Por debajo de la capa pilífera se encuentra una hilera de células de paredes más ó menos suberificadas, según la región ó nivel de la raiz, que estudiemos. Esta capa está destinada á reemplazar á la anterior, que es naturalmente caduca.

El *parénquima cortical externo*, está formado por un número variable de capas celulares, en mayor ó menor abundancia según la especie considerada. Las células de este parénquima son poliédricas irregulares, poseyendo en su interior diversos contenidos celulares, pero nunca cloroleucitos, no siendo en raices áereas. Esas células dejan entre ellas pequeños meatos, también irregulares.

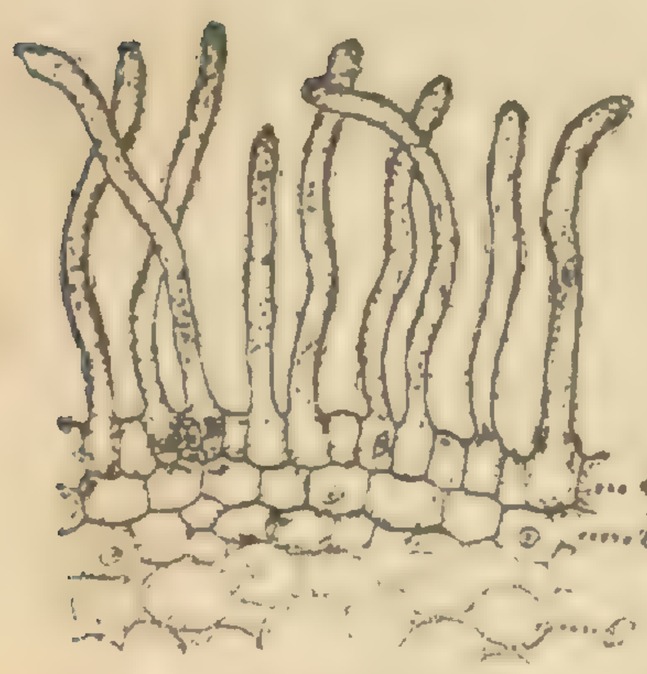


Fig. 36 – Corte de la parte superficial de una raiz joven que muestra la capa pilífera ó epiblema a): la futura capa suberosa (b) y el parénquima cortical externo (c).

El *parénquima cortical interno*, está constituido por menos capas de células que el anterior y difiere también por la forma y disposición de sus elementos constitutivos. Las células son de corte cuadrado, con los ángulos redondeados para dejar pequeños meatos y como se originan centrifugamente, están colocadas en filas radiales concéntricas, cuyas células van disminuyendo de tamaño desde la capa más externa á la más interna.

La última capa de la corteza es la *endodermis*, formada por células análogas á las que hemos estudiado en igual región del tallo, es decir, con un anillo suberificado y engranadas fuertemente unas con otras. Se encuentran colocadas en la misma fila radial que las del parénquima interno. En algunas raíces (*Zea mais*) esas células se esclerifican en sus caras interior y laterales, dejando delgada y celulósica la cara externa, de modo que al corte transversal se nos presentan con una forma como de herradura.

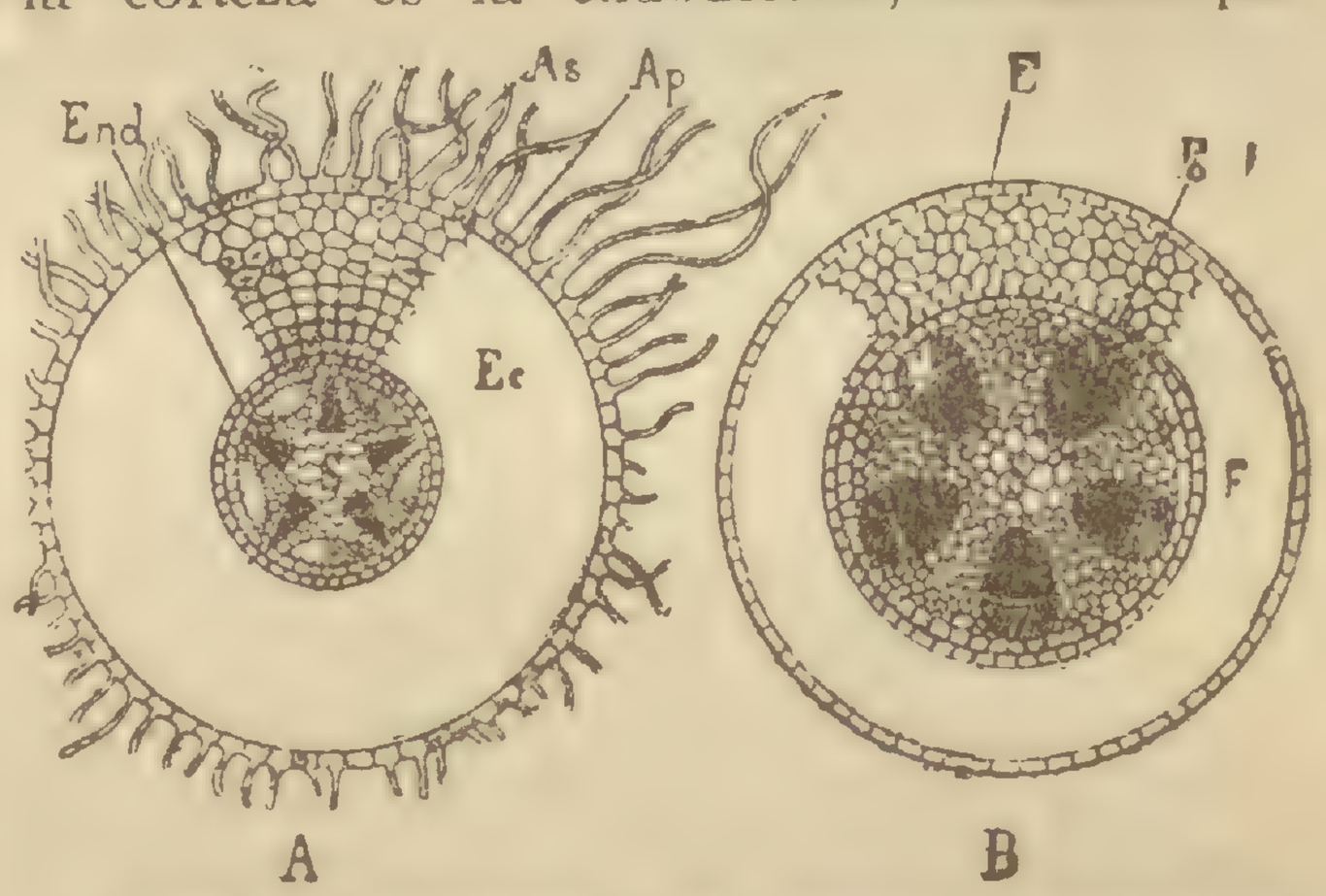


Fig. 37—Esquemas de dos cortes transversales de un tallo (B) y de una raíz (A) para dejar ver la distribución de los diversos tejidos As. capa suberosa; Ap. capa pilífera; Ec. corteza; S. cilindro central; End. endodermis; Ep. Epidermis.

En el cilindro central el tejido fundamental se encuentra distribuído de un modo análogo al del tallo, lo que quiere decir que encontraremos una capa exterior, un *pericicio* y luego una *médula* y *radios medulares primarios*.

El *periciclo*, *pericambium* ó zona *rizógena*, está constituído por una ó más capas de células, colocadas alternadamente con las de la endodermis y que generalmente forman un anillo completo alrededor del cilindro central; exceptuándose algunas raíces en las cuales hay interrupción de esta capa, enfrente á los hacecillos liberianos ó de xilema, según los casos.

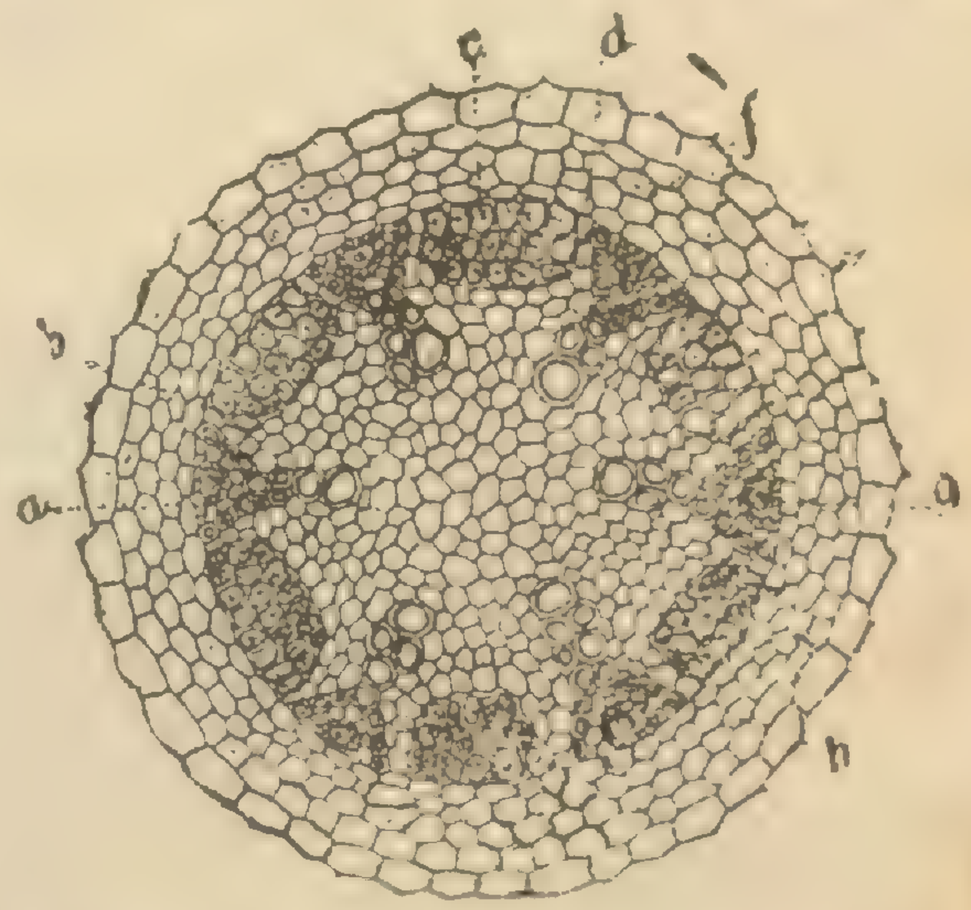


Fig. 38—Corte transversal de la endodermis y cilindro central de una raíz joven *a*. endodermis; *b*, periciclo de varias capas; *c*, hacecillo liberiano; *d*. hacecillo leñoso con sus vasos primordiales (protoxilema) en *d*, y su metaxilema en dos ramas en *f*; *g*, canal secretor. En el centro, la médula y los radios medulares (*h*(

La *médula* y los *radios medulares* constituyen lo que propiamente se llama el conjuntivo del cilindro central y están formados por células parenquimáticas pequeñas, con diversos contenidos celulares, forman un todo contínuo, interpuesto entre los manojos fibro-vasculares.

Repetimos: esta distribución del tejido fundamental en las raíces es común á todas las plantas vasculares alcanzando lo mismo á las Criptógamas vasculares que á las Dicotiledóneas; con la diferencia de que las Criptógamas vasculares y las Monocotiledóneas no poséen otra estructura y las Dicotiledóneas y las Gimnospermas, tienen formaciones secundarias.

El tejido fundamental en las hojas.—Siendo estos, los órganos de nutrición por excelencia, fácil es comprender que deben estar formados en su mayor parte por tejido fundamental parenquimático.

El tejido fundamental ocupa en las hojas la mayor parte de su espesor, ó sea, el espacio comprendido entre las dos epidermis: constituye lo que se llama el *mesófilo*. En su composición entran principalmente las células clorofílicas, más ó menos entremezcladas con células colenquimáticas y hasta esclerenquimáticas.

En las Criptógamas vasculares, Monocotiledóneas y hojas pequeñas lineares ó escamosas de las Gimnospermas el mesófilo es comunmente *homogéneo* ó *uniforme*. En las dos primeras agrupaciones, el mesófilo está generalmente compuesto por células más ó menos isodiamétricas, que poséen clorofila y se unen dejando espacios más ó menos grandes. Otra disposición que se observa en las Monocotiledóneas es el del mesófilo *heterogéneo simétrico*, constituído por una ó más capas de células alargadas

(células en empalizada), colocadas en la cara ventral y en la dorsal y que dejan en su parte media un espacio ocupado por un parénquima esponjoso ó lacunario. En este último caso las células periféricas son muy clorofílicas, y más ó menos incoloras, las del centro.

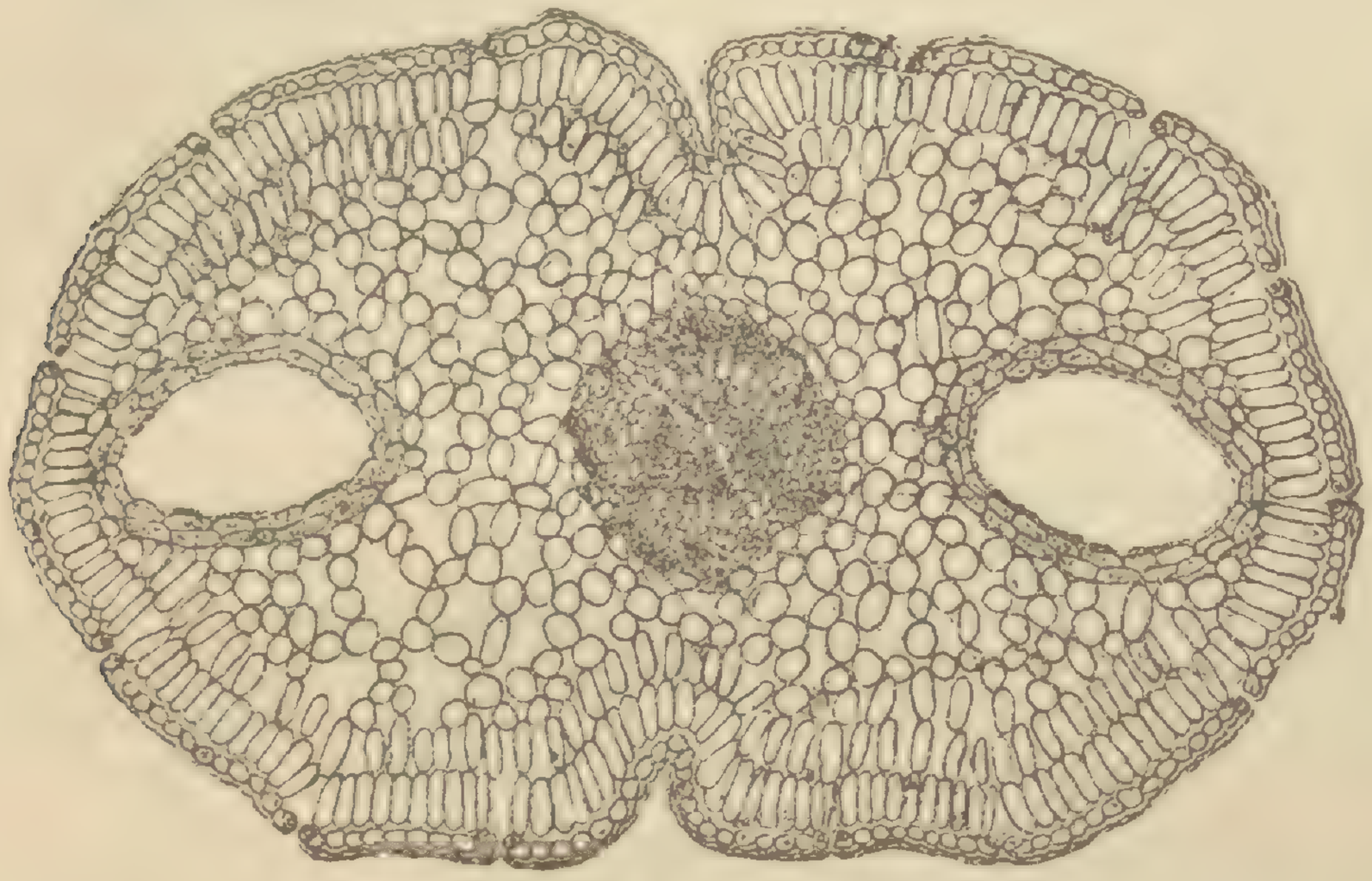


Fig. 39—Corte transversal de una hoja de sabina (*Juniperus sabina*) en la que se ve el corte de la epidermis con estomas, el mesófilo con el corte de dos canales secretores v en el centro un hacecillo libero-leñoso.

Se observa también en las Monocotiledóneas, mesófilos formados por células de formas análogas á las del caso anterior, pero en las que la mayor cantidad de clorófila está contenida en las células centrales.

En la mayor parte de las Dicotiledóneas, con excepción de las de hojas carnosas ó sumerjidas, la disposición de las capas del mesófilo es la *disimétrica* ó *dorsi-ventral*, caracterizada por la existencia de dos capas de células de formas diferentes: las de la *empalizada* y las de la *esponjosa*.

Las células en empalizadas son más largas que anchas y se encuentran colocadas próximas á la cara dorsal de la hoja y de tal manera orientadas que están perpendiculares á la superficie de la lámina. Esas células, que están abundantemente provistas de cloroleucitos, se encuentran generalmente en una sola fila, pocas veces en dos, tres ó más, y se agrupan de tal manera que dejan pequeños meatos entre ellas.

Las células de la esponjosa son más ó menos isodiamétricas, irregulares y se encuentran colocadas en un número de capas, mayor que las de la empalizada. Al agruparse dejan un gran número de espacios, cáma-

ras y lagunas por entre las que circula el aire. Están también provistas de clorófila, aunque en menor cantidad que las anteriores y lindan con la página ventral ó inferior de las hojas horizontales.

Si las hojas se nos presentan de un verde más intenso por la cara dorsal que por la ventral, ello es debido á la mayor cantidad de cloroleocitos en las células de la empalizada y á la estrecha agrupación de ellas.

La estructura simétrica de los perénquimas de la hoja está en relación con la orientación de esta: puede decirse de un modo general que las hojas horizontales, más iluminadas por su cara superior, poseen una empalizada muy clorofílica y una esponjosa con menor cantidad de cloroleucitos. Las hojas verticales poseen un parénquima más homogéneo, porque son iluminadas sus dos caras con mayor uniformidad.

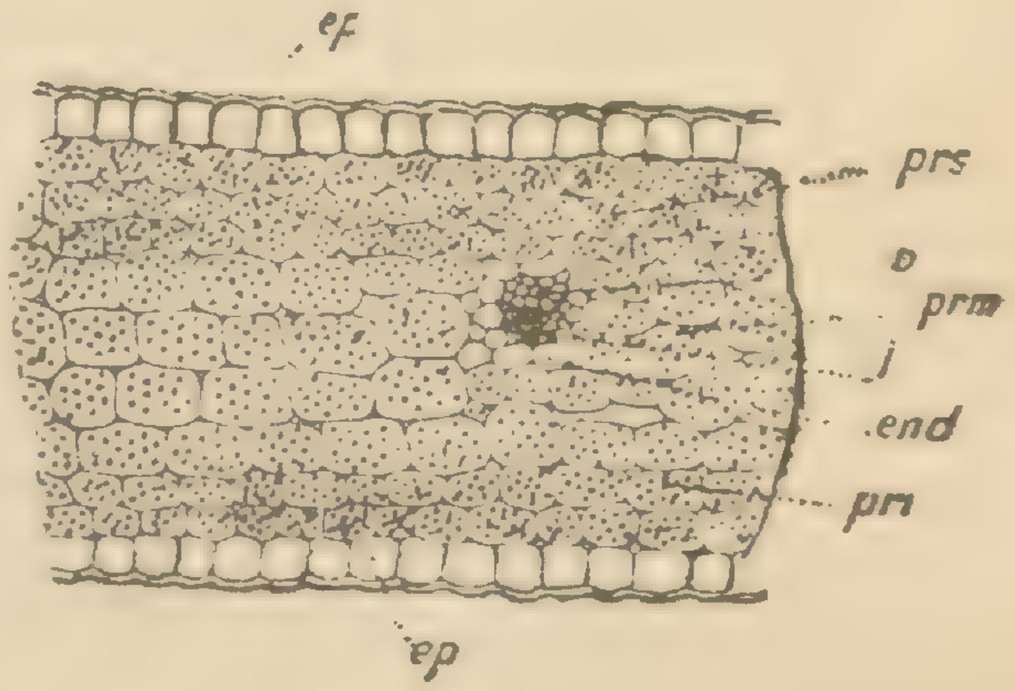


Fig. 10—Corte de una hoja de azucena (*Lilium candidum*) ep. epidermis - prs. parénquima superior - prm. parénquina medio - l. liber - end. endodermis de acecillo - pri. parénquima inferior.

Estos datos son demostrados, no solo por la observación, sino por la experimentación: hay hojas que cambian la estructura de su mesófilo según que vejeten contínuamente iluminadas (luz eléctrica), ó bien con las alternativas naturales de noche y día.

Cualquiera que sea la estructura de la hoja, el mesófilo contiene además de los perénquimas ya descriptos los manojos ó cordones libero-leñosos que transcurren de diversas maneras y con desigual abundancia.

El parénquima del mesófilo sufre á veces transformaciones en colénquima y en esclerénquima que actúan como aparatos de sostén; colocados, ora por debajo de la epidermis, ora al rededor de los hacecillos fibro-vaculares, formando como vainas especiales.

Finalmente, alrededor de los hacecillos se encuentra en algunas hojas una endodermis análoga á la que hemos observado en el tallo y en la raíz.

CAPÍTULO IV

TEJIDOS EPIDERMICOS Y FIBRO-VASCULARES

15—**Tejidos epidérmicos**—Comprenderemos en este grupo de tejidos no solamente al tejido epidérmico, propiamente dicho, sinó á todos aquellos, que como el epíblema ó zona pilifera de la raíz, revisten partes superficiales del vegetal, ó como el suber, que aunque de origen secundario desempeña el mismo papel fisiológico de la epidermis.

Comprenderemos también en este párrafo á los órganos que como los estomas y los tricomas derivan de las células epidérmicas.

Epidermis.—La epidermis propiamente dicha reviste á los tallos herbáceos ó verdes y á las hojas. Cuando reviste á los órganos más notables de la flor toma, para algunos autores el nombre de *epitelio*.

Generalmente está formada por una sola capa de células:—*epidermis simple;* pocas veces por dos ó más capas: *epidermis compuesta* de algunos *Ficus*, *Begonia* y diversas *Piperáceas*.

Las células que componen á este tejido son las que hemos llamado epidérmicas y cuyos principales caracteres son: la forma tabular ó aplanada y la cutinización de sus membranas. Los contornos de estas céluias pueden ser más ó menos rectos ú ondulados, para asegurar mejor la íntima unión de ellas: estudiamos, pués, un tejido compacto que forma un todo contínuo.

Las células son más ó menos alargadas según la forma del órgano que revisten: más alargadas y poligonales en los tallos y las hojas largas de las Monocotiledóneas, son por el contrario, más ó menos tan anchas como largas en las hojas de las Dicotiledóneas.

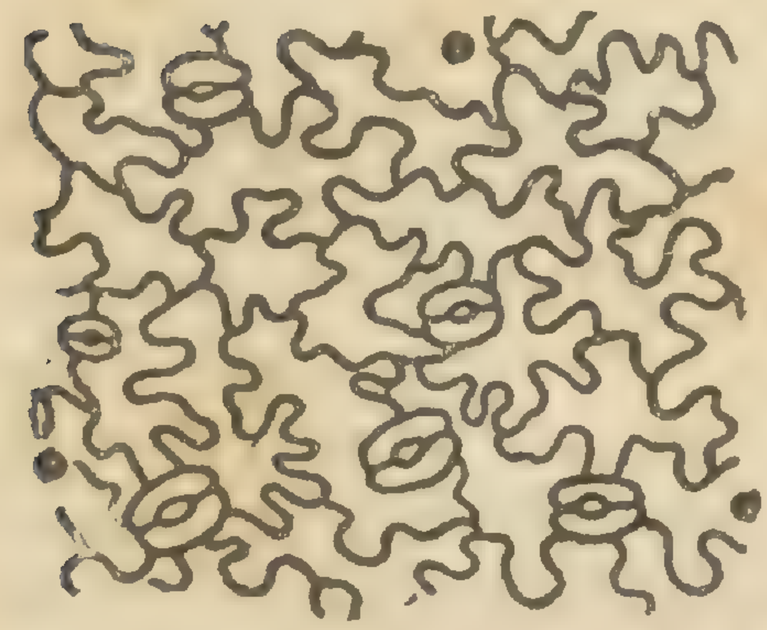


Fig. 41—Epidermis de una hoja de dicotiledónea con estomas.

Las células epidérmicas en vías de desarrollo, tienen abundante protoplasma y núcleo voluminoso; pero cuando llegan á su estado adulto, el protoplasma queda reducido á una faja colocada junto á la membrana. Algunas pierden por completo su protoplasma, no poseyendo entonces más que jugo celular, que puede encontrarse teñido por diversos pigmentos. Es característica, también, la ausencia de cloroleucitos en las células de este tejido. Solo poseen esos corpúsculos las epidermis de algunos Helechos y plantas acuáticas.

Desde muy temprano las células de este tejido tienen tendencia á la transformación de la celulosa de sus membranas superficiales en *cutina*, sustancia impermeable. La cutinización se hace, en algunas epidermis con gran intensidad, constituyéndose una capa común para todas las células de una misma epidermis, que recibe el nombre de *cuticula* y que en algunos casos puede ser arrancada entera. La cutinización de las membranas no se hace con igual intensidad en todo su espesor, estando formada casi puramente por la cutina, la capa superficial común ó cuticula, por celulosa la lámina interna, que linda con el protoplasma y por celulosa, más ó menos entremezclada con la cutina, las capas intermediarias, llamadas *cuticulares*.

La cutinización de las membranas epidérmicas da á estos tejidos su mayor valor fisiológico como aparato muy eficaz, de protección, del parénquima sub-yacente. El otro papel fisiológico, más importante aún, asignado á la epidermis, es el de los intercambios gaseosos con el medio ambiente, los que se efectúan por intermedio de los *estomas*.

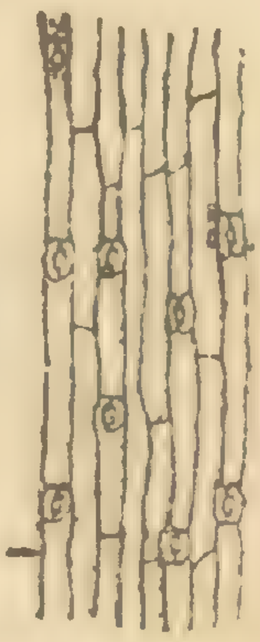


Fig. 42—Epidermis de células alargadas y estomas, de una hoja de Monocotiledónea.

Estomas—Los estomas son organúsculos constituídos esencialmente por dos células, derivadas de las epidérmicas y llamadas: *estomáticas*, *constrictoras* ó *semilunares* y que por su forma especial limitan, entre las dos caras cóncavas por las que se miran, un orificio de forma más ó menos alargada y que se llama *ostiolo*.

Los estomas se encuentran en los tallos herbáceos y en las hojas; en estas, colocados, generalmente en la página ventral

de las hojas áreas y horizontales, como son la mayor parte de las Dicotiledóneas; con excepción de las hojas carnosas, que los poseen más ó menos uniformemente repartidos en toda su superficie. Las hojas verticales ú oblícuas, generalmente tienen estomas en sus dos caras; las hojas flotantes los poseen en la página superior, y carecen de ellos las hojas sumerjidas. Pueden encontrarse salpicando irregularmente la epidermis; y cuando este tejido está constituído por células alargadas, se colocan entonces en líneas más ó menos regulares. En algunos casos se observa su distribución en grupos ó zonas especiales de la epidermis, y en tal caso van acompañadas por células epidérmicas más pequeñas que las normales.

El estoma está esencialmente constituído por dos células que á pesar de sus formas generalmente irregulares, responden sin embargo todas ellas á un tipo general; en efecto, todo estoma mirado por su parte superficial nos enseña dos células cóncavo convexas ó arriñonadas, que se miran por su cara cóncava. Estas células poseen protoplasma y núcleo y, caracter más importante aún, tienen *siempre cloroleucitos*.

Los estomas pocas veces se encuentran colocados al nivel de la superficie general de la epidermis, generalmente á un nivel inferior, pocas veces á un nivel superior y en algunos casos la epidermis describe una concavidad ó divertículo en el fondo del cual se colocan los estomas, (*criptas* de las hojas del laurel-rosa—*Nerium oleander*). Cuando se encuentran colocados en un nivel inferior al de las demás células, hay una cavidad ó espacio antes de llegar al ostiolo ú orificio comprendido entre las dos células constrictoras, espacio que ha recibido el nombre de *atrio* ó *antecámara*. Finalmente, el ostiolo establece comunicación con una cavidad practicada en pleno parénquima y que ha recibido el nombre de *cámara respiratoria*.

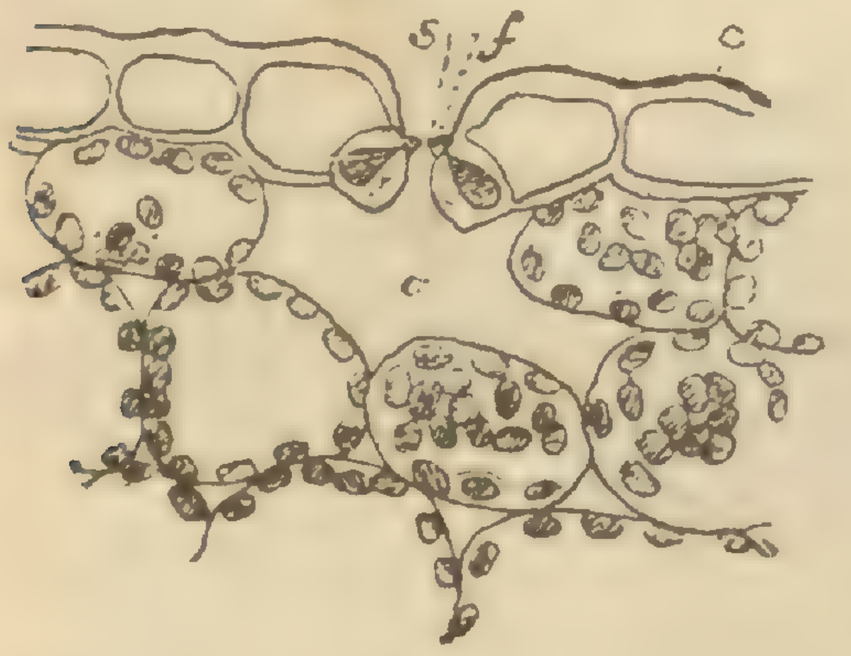


Fig. 43—Corte transversal de un estoma—*f*. antecámara ó atrio—*s*. ostiolo—*c*. cuticula—*a*. cámara respiratoria.

Las células constrictoras llevan comunmente á sus lados células epidérmicas que se distinguen de las otras por su tamaño ó por su colocación muy inmediata al estoma; estas células reciben ei nombre de *auxiliares* ó *accesorias*.

Los estomas se originan en las epidermis en vías de desarrollo por la bipartición de una de sus células, que se diferencian en seguida por sus formas y contenido y que mientras crecen y se hacen convexas por una de sus caras, reabsorben la

lámina media que las separa y constituyen así, entre ambas, el orificio del ostiolo.

Los estomas que hemos estudiado son de los llamados *aeríferos*, porque solo están destinados á los intercambios gaseosos y poseen además de los caracteres ya mencionados, el de poder aumentar ó disminuir el orificio del ostiolo, según cuales sean las necesidades fisiológicas de la planta y efectuándose esa operación en virtud de la mayor ó menor concavidad de sus células propias. Hay también en los vegetales estomas llamados *acuíferos* y que, aparte de su forma que es igual á la de los anteriores, se caracterizan por tener su cámara sub-estomática colmada por un parénquima especial cuyas células están ingurgitadas de agua; y porque sus células no son ya constrictoras, puesto que no son capaces de aumentar ó disminuir sus curvaturas, estando, por consiguiente, el ostiolo siempre abierto.

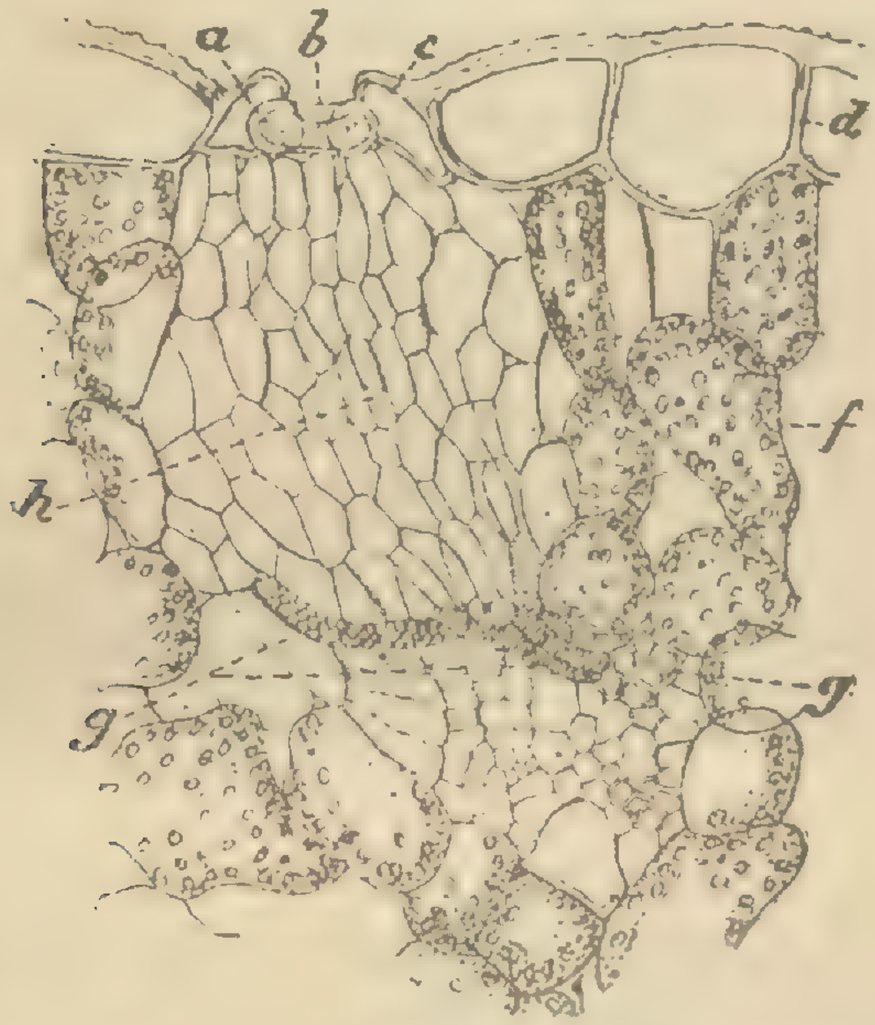


Fig. 41—Corte de una hoja al nivel de un estoma acuífero—*a*. célula estomática—*b*. ostiolo—*c*, células compañeras—*f*, parénquima clorofílico—*g*, hacecillos de vasos leñosos que terminan libremente en el parénquima acuífero *h*.

Epitelio.—El epitelio es la epidermis que reviste á los órganos florales y no tan solo á los nobles ó esenciales sino también á la corola y aún al cáliz. Se distingue de la verdadera epidermis por su poca tendencia á la cutinización, por la ausencia habitual de estomas y por la tendencia que tienen sus células á alargarse ó crecer mayormente en el diámetro perpendicular á la superficie; dando por resultado la formación de *papilas* ó pequeñas eminencias que dan á ciertos órganos florales su aspecto aterciopelado (pétalos del *pensamiento*—*Viola tricolor*).—Las células de este tejido poseen muy comunmente entre sus contenidos celulares *cromoleucitos*, que contribuyen en gran parte, á dar á las flores sus brillantes colores.

Tricomas.—Llámanse así, ciertos órganos accesorios de las plantas, originados por la epidermis y que constituyen los llamados *pelos*, *sedas*, *aguijones*, etc.

Los tricomas pueden ser *simples* y *secretores*. Los primeros pueden ser *unicelulares* y *pluricelulares*, estos últimos á su vez, son susceptibles de dividirse en *articulados* y *macizos*.

Los pelos unicelulares se originan por el simple alargamiento de

una célula epidérmica; los más sencillos ó rudimentarios serían las papilas del epitelio, que hemos ya mencionado. Estos tricomas son de dimensiones y formas muy variables: desde las pequeñas papilas, hasta los pelos unicelulares de 6 centímetros que revisten el tegumento de las semillas del algodón (*Gossypium herbaceum*), se encuentran todas las dimensiones. Por sus formas pueden ser más ó menos cónicos ó cilíndricos, verrugosos, estrellados, ramificados, etc. Sus membranas son puramente celulósicas ó ligeramente cutinizadas; en algunos casos (pelos del algodón) reducido solo á la membrana, por haber perdido su contenido protoplasmático; esclerificados, y convertidos entonces en *aguijones* en otros, é incrustados de sílice y carbonato de Ca., otras veces.

En ocasiones, estos pelos unicelulares pueden tener su contenido, transformado en líquidos especiales, que junto á la rigidez y agudeza del órgano, constituyen eficaces medios de defensa del vegetal: tal sucede con los pelos de las *ortigas* (*Urtica dioica*) que son muy agudos, muy rígidos, muy frágiles y llevan en su interior un líquido cáustico, quizá el ácido fórmico, que causa una lesión especial en los tejidos animales, al romperse y derramar su contenido.

Pueden considerarse también como pelos unicelulares, que desempeñan, no obstante, un papel fisiológico importantísimo, los que se forman por el alargamiento de las células más superficiales de las raíces y que son conocidos con el nombre de *pelos radiculares*.

Los *pelos articulados*, están formados por una hilera de células unidas por sus extremidades y originadas por sucesivos tabicamientos de una célula epidérmica. La mayor parte de estos son secretores.

Los *pelos macizos* están constituídos por un verdadero macizo de células, originadas por la división de una más células epidérmicas, según las tres principales direcciones del espacio.

Cualquiera que sea la clase de tricoma, pueden estar colocados, no ya directamente y al nivel de la superficie común de la epidermis, sinó sobre una salida ó *emergencia* que puede estar formada por la misma clase de células de la epidermis, ó bien por una producción del tejido parenquimático sub-yacente; llegando á veces á intervenir en su formación hasta un pequeño hacecillo vascular (pelos capitulados de la *Drosera rotundifolia*).

Los tricomas *secretores* pueden ser de las diversas categorías de los simples: encontraremos pues papilas secretoras, pelos articulados secretores, etc.

Los epitelios de muchas corolas producen en el interior de sus células, gotitas de esencias (Rosa, Pelargonium, etc.), que se pueden hacer visibles por reactivos especiales. Una forma de tricoma secretor muy común es el que está representado por una base formada por dos ó más células unidas por sus extremidades y que llevan en su extremidad una ó más cé-

lulas diferenciadas, que son propiamente las secretoras. Como esas células forman desde el principio de su desarrollo sus respectivas cuticulas, cuando llegan á segregar el producto, este pasa á través de la lámina profunda, celulósica y se acumula por debajo de la cutícula levantáudola.

Debíamos ahora ocuparnos de la descripción de la zona pilífera de raíz, el *epiblema* de algunos autores y del tejido de la *cofia* del mismo órgano, puesto que fisiológicamente desempeñan un papel análogo al de los tejidos que acabamos de estudiar; pero para evitar inútiles repeticiones los dejaremos para el capítulo reservado al estudio particular de la raíz.

SUBER.—El suber es un tejido de origen secundario, engendrado por meristemas (felógeno) que no preexisten en la planta joven, y formados, según los casos, á expensas de las diversas capas de células parenquimáticas.

Este tejido está destinado á desempeñar en los tallos y raices leñosas el mismo papel que la epidermis en las hojas y tallos herbáceos, razón por la cual esbozamos aquí el estudio de su estructura y distribución en la raíz y en el tallo, reservándonos para describirlo más detalladamente al ocuparnos de la estructura de esos órganos.

El suber está constituido por células suberosas. células que cuando llegan á su máximo desarrollo son elementos muertos que desempeñan sus importantes funciones solo por sus paredes.

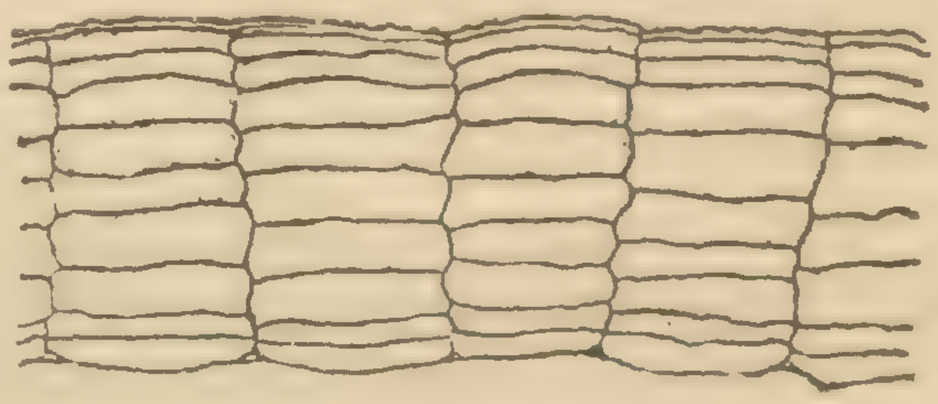


Fig. 45—Células suberosas de un tubérculo de papa (*Solanum tuberosum*).

Desde que las células suberosas se forman á expensas de su correspondiente meristema van agotando poco á poco su protoplasma en la confección de una pared, constituída casi puramente de *suberina*, sustancia que, como ya hemos visto, es de composición química análoga á la de la cutina y goza como esta de la propiedad esencial de la impermeabilidad.

Las células suberosas son de formas muy aplanadas, tabulares, de corte generalmente cuadrado y caracter importantísimo, se encuentran colocadas en filas radiales. El número de capas de células que entran en la formación del suber es muy variable según el órgano y su edad; llegando á veces á constituir un espesor considerable como sucede con el vulgar *corcho*, producto del alcornoque. (*Quercus suberosa*) y del que se pueden obtener láminas de más de 10 centímetros de espesor.

Como representación de los estomas de la epidermis se encuentran en el tejido suberoso producciones especiales llamadas *lentecillas* y que generalmente se forman debajo de los estomas primitivos.

Las lenticillas se hacen muy aparentes en ciertos tallos, como formaciones verrugosas más ó menos salientes, y si asistimos á su desarrollo,

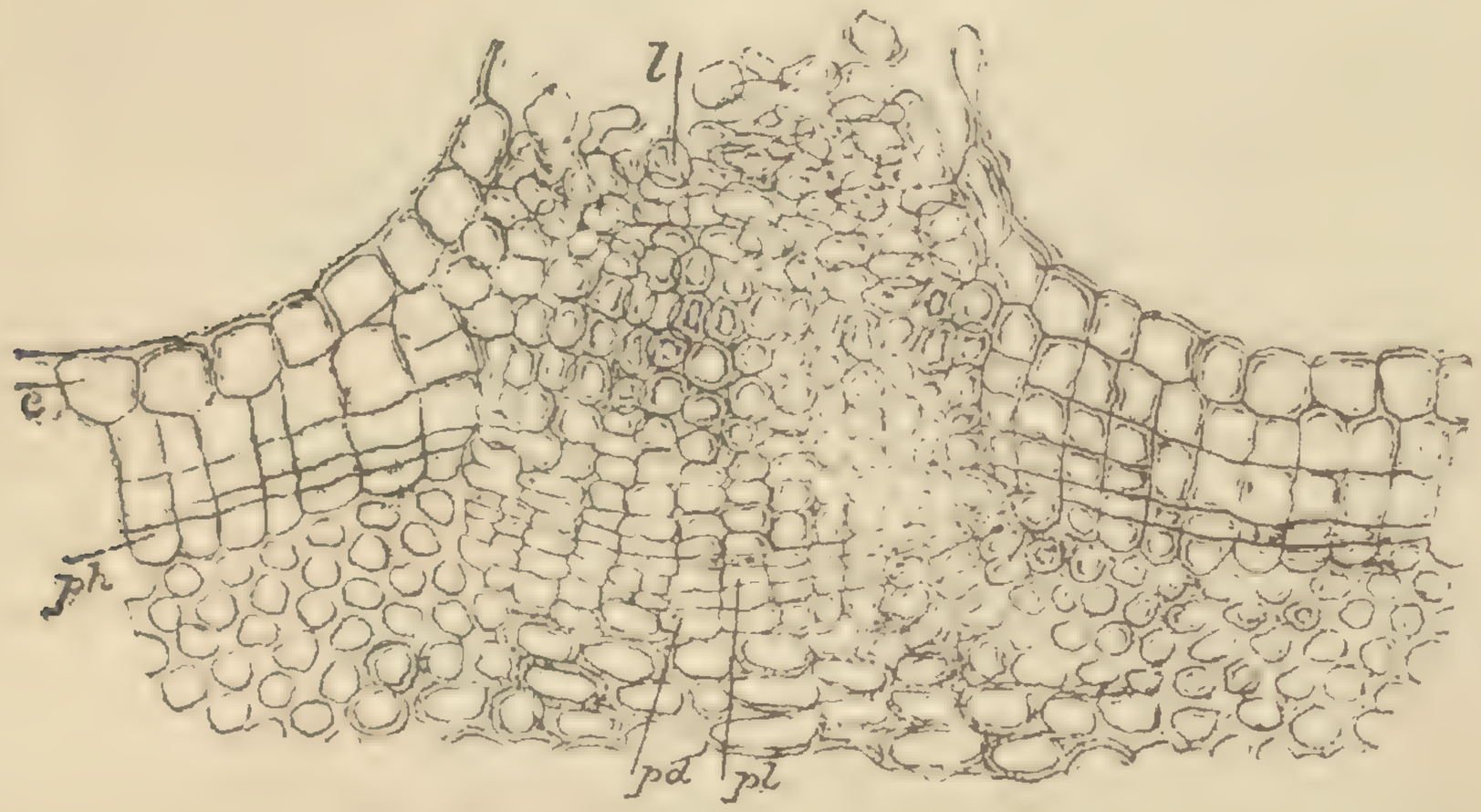


Fig. 46—Corte transversal al nivel de una lenticilla, *l*, células del relleno; *pl*, felógeno especial del relleno *pd*, felodermis; *ph*, felógeno; *e*, epidermis.

observaremos que generalmente se han formado en el punto donde existía un estoma.

Estas lenticillas están constituídas por un levantamiento más ó menos marcado de las capas superficiales del tallo y un relleno interior de células especiales formadas á expensas del meristema secundario común (*felógeno*), que en el punto en que va á formar la lenticilla tabica sus células con mayor actividad que en el resto y produce así, elementos nuevos que aunque considerados como verdaderas células suberosas, se distinguen de las otras por sus formas más ó menos redondeadas y su tendencia á disgregarse ó á convertirse en una sustancia pulvurulenta.

Las raíces viejas poseen tejido suberoso análogo al de los tallos y formado por igual mecanismo; pero aún en las raíces jovenes se encuentra una capa suberosa, destinada á reemplazar la zona pilífera, que es muy caduca y que desempeña exactamente el mismo papel que el súber estratificado.

Algunos autores consideran también á la endodermis como una variedad de este tejido, diferenciándose de los ya descriptos, por suberificación limitada de las paredes de sus células.

Algunas veces se encuentra en el tejido suberoso elementos esclerificados que le dán cierta consistencia y que permiten dividirlo según su mayor ó menor abundancia, en corcho ó suber *duro* y *blando*. Este caracter permite también que la endodermis pueda ser colocada entre estos tejidos, puesto que, como ya hemos visto, suele la suberificación parcial de sus celulas convertirse en una esclerificación más ó menos completa.

16. **Tejidos fibro-vasculares.**—Llamamos así á los tejidos constituidos por agrupaciones de fibras y de vasos que desempeñan fisiológicamente un doble papel: como tejido *conductor* de sustancias nutritivas y como tejido de *sostén*. Bajo este doble punto de vista, lo encontraremos formado, á veces por manojos ó haces de fibras y de vasos, y otras veces por agrupaciones de vasos solamente, ó de fibras aisladas, constituyendo el tejido de sostén, propiamente dicho, conocido con el nombre de *estereoma*.

El tejido fibro-vascular es también llamado *libero-leñoso*, porque en su constitución entra el *liber* ó *floema*, cuyo elemento histológico más característico es el *vaso criboso*; y el *leño, madera* ó *xilema*, cuyo principal elemento distintivo es el vaso propiamente dicho ó *tráquea*.

Este tejido no se encuentra en los dos primeros grupos de plantas *Talófitas* y *Muscíneas*, que son por esto llamadas *plantas celulares*; apareciendo recién en las Criptógamas vasculares.

En las hojas de algunas Muscíneas y aún en los tallos, existe sin embargo, una ligera diferenciación de tejidos, en el sentido de que los que ocupan la parte central están constituídos por células más alargadas y de las que algunas son muertas, sin protoplasma y sirven solo para conducir agua; y otras con protoplasma que son los conductores de las sustancias elaboradas.

A pesar de lo que hemos dicho respecto á los elementos que entran en la constitución de este tejido, pocas veces encontraremos aislados á los vasos respectivos. En efecto, al lado del vaso criboso se encuentran las células anexas ó compañeras que hemos ya mencionado y originadas, cada una de ellas por el tabicamiento longitudinal de la célula meristemática primitiva, que al efectuar esa división, origina dos células hijas; una de las cuales, en unión por sus extremidades, con otras similares, constituirá el vaso y la otra la célula auxiliar. Estas se distinguen de las que forman el tubo criboso, por su menor tamaño y la persistencia del núcleo. Además de las células anexas, entran muy comunmente en la constitución del hacecillo floemático, el llamado parénquima liberiano, formado por células parenquimáticas alargadas y las fibras liberianas, casi siempre de paredes celulósicas.

Junto á la tráquea ó á la traquéida, que son los elementos característicos del xilema ó madera, se encuentran también, el parénquima leñoso comunmente formado por células esclerificadas y las fibras esclerosas.

Estos diversos elementos histológicos se agrupan de distintas maneras para constituir los hacecillos o manojos líbero-leñosos. Pocas veces se agrupan aisladamente, los elementos del líber por un lado y los de xilema por otro, más generalmente, los hacecillos constan de floema y xilema, agrupados de diversas maneras.

Aparte de los aparatos puramente de sostén, que con el nombre de *estereomas*, estudiaremos más adelante, y que están constituídos únicamente por fibras, encuéntrase tambien, hacecillos aislados, de líber por un lado y xilema por otro, en las estructuras primarias de la raíz, constituyendo la disposición llamada *radial.*

En cuanto á las disposiciones en que pueden encontrarse los propiamente llamados hacecillos líbero-leñosos, ellas pueden ser esencialmente de tres clases, hacecillos *concéntricos*, *colaterales* y *bicolaterales;* con formas intermediarias entre los primeros y los segundos.

Antes de entrar en el estudio de la estructura y de los hacecillos en los diversos órganos de la planta, hay que hacer notar que las expresiones hacecillos fibro-vasculares y cilindro central, no son sinónimos; en efecto, el cilindro central es el conjunto de hacecillos, más la parte de tejido fundamental que hemos llamado periciclo, radios, meduiares, etc. Ahora bien, en algunos casos no es propio llamar á ese conjunto cilindro central; por la doble razón de que ni es cilíndrico ni ocupa la parte central del miembro y es para evitar ambigüedades que Van Tieghem ha creado el término *estela* para designar ese conjunto de hacecillos y tejido fundamental; que en muchos casos es también cilindro central. Las plantas que en su tallo poseen un cilindro central se llaman *monostélicas*, (las Fanerógamas en general, aunque con algunas excepciones) y las que como las Criptógamas vasculares poseen varios se le llaman *polistélicas.*

Estamos ya en condición de emprender el estudio de la estructura y distribución del tejido líbero-leñoso en los diversos grupos de plantas y en los distintos órganos. Seguiremos el mismo orden con que hemos estudiado el tejido fundamental; describiendo primero las distribuciones en el tallo de las Criptógamas vasculares, luego en las Monocotiledóneas, después en las Dicotiledóneas y Gimnospermas; continuaremos con la raíz y terminaremos con la hoja.

Tallo de las Criptógamas vasculares.—En estas plantas la estructura y distribución de este tejido es diversa, según que se trate de Filicíneas y Licopodíneas, por un lado y de Equisetáceas; por otro En las primeras, el tallo es en la base, monostélico, el cilindro central único es continuación del de la raíz; pero conforme vamos ascendiendo observaremos que ese cilíndro único va ramificándose cada vez más, hasta constituír varias estelas, que se encuentran desigualmente distribuídas y presentan muy distintas estructuras, En resumen, practicando un corte transversal en el tallo de un helecho, en su parte media, podremos observar que en medio del tejido fundamental, que forma la mayor parte del órgano, se encuentra el corte de varios hacecillos fibro vasculares dispuesto en uno ó dos círculos más ó menos regulares. Analizando uno de ellos, veremos

que están constituidos por tráqueas ó vasos escaleriformes, en su parte más central, rodeados por los elementos del líber, vasos cribosos, fibras y parénquima liberiano: entrando, pues, dentro de la clasificación de haecillos concéntricos; los que se encuentran á su vez, rodeados por una ó más capas de células parenquimáticas, que constituyen un periciclo y el total envuelto en una capa de endodermis, análoga á las que ya hemos estudiado.

Algunos autores llaman á los tallos de las Criptógamas vasculares *polistélicos;* otros los llaman *esquizostélicos,* para dejar así indicado con una sola palabra, la particularidad de la división de una sola estela primitiva en varias ramas.

Hemos dicho que en el corte pueden observarse uno ó dos círculos de manojos, porque, en efecto, los manojos que se dirigen á las hojas, no parten directamente y en ángulo más ó menos recto, sinó que se separan poco del haccecillo en el que se han originado, penetrando en una región más periférica: por eso observaremos un círculo más externo formado por hacecillos que van á las hojas y otro más interno, propio del tallo.

En cuanto á las Equisetáceas, la estructura y disposición de los hacecillos es muy diferente. Son plantas de tallos huecos; que al corte se nos presentan constituidos por tejido parenquimático, muy esclerificado en la periferia y con los hacecillos, ó mejor dicho las múltiples estelas, colocadas en un círculo muy regular. Examinando una de ellas veremos que está constituida por una especie de V, formada por las tráqueas ó elementos del leño; pero V incompleta, porque su vértice está ocupado por una laguna producida por la reabsorción de pequeños vasos. Esa V. comprende entre sus dos ramas divergentes á los elementos del líber y todo el manojo se encuentra rodeado por una endodermis. Como vemos la disposición del hacecillo en estos vegetales es intermediaria entre los concéntricos de los Helechos y los colaterales que estudiaremos en las Dicotiledóneas.

La endodermis no siempre es parcial para cada hacecillo; á veces se encuentra una capa común, exterior, para todos los hacecillos y otras veces á esa capa exterior se agrega otra interior.

Tallo de las Monocotiledóneas. — La estructura libero-leñosa de los tallos de estas plantas es bastante uniforme. Por su estructura, los hacecillos, son de los llamados *concéntricos* y *cerrados,* porque en la mayor parte de los casos están formados por los elementos del leño ó xilema envolviendo en mayor ó menor extensión á los del líber ó floema; y cerrados porque nunca poseen entre sus dos partes constitutivas meristemas secundarios que permitan el crecimiento en ancho, de los manojos.

Un hacecillo típico de una Monocotiledónea, presenta la siguiente estructura el líber ocupa la parte más externa ó la central y en tal caso está rodeado por los elementos leñosos: vasos y fibras. En el mayor número de los casos la parte leñosa no forma un anillo completo, sino que afecta la forma de una V ó de una U que encierra entre sus dos ramas á los elementos liberianos.

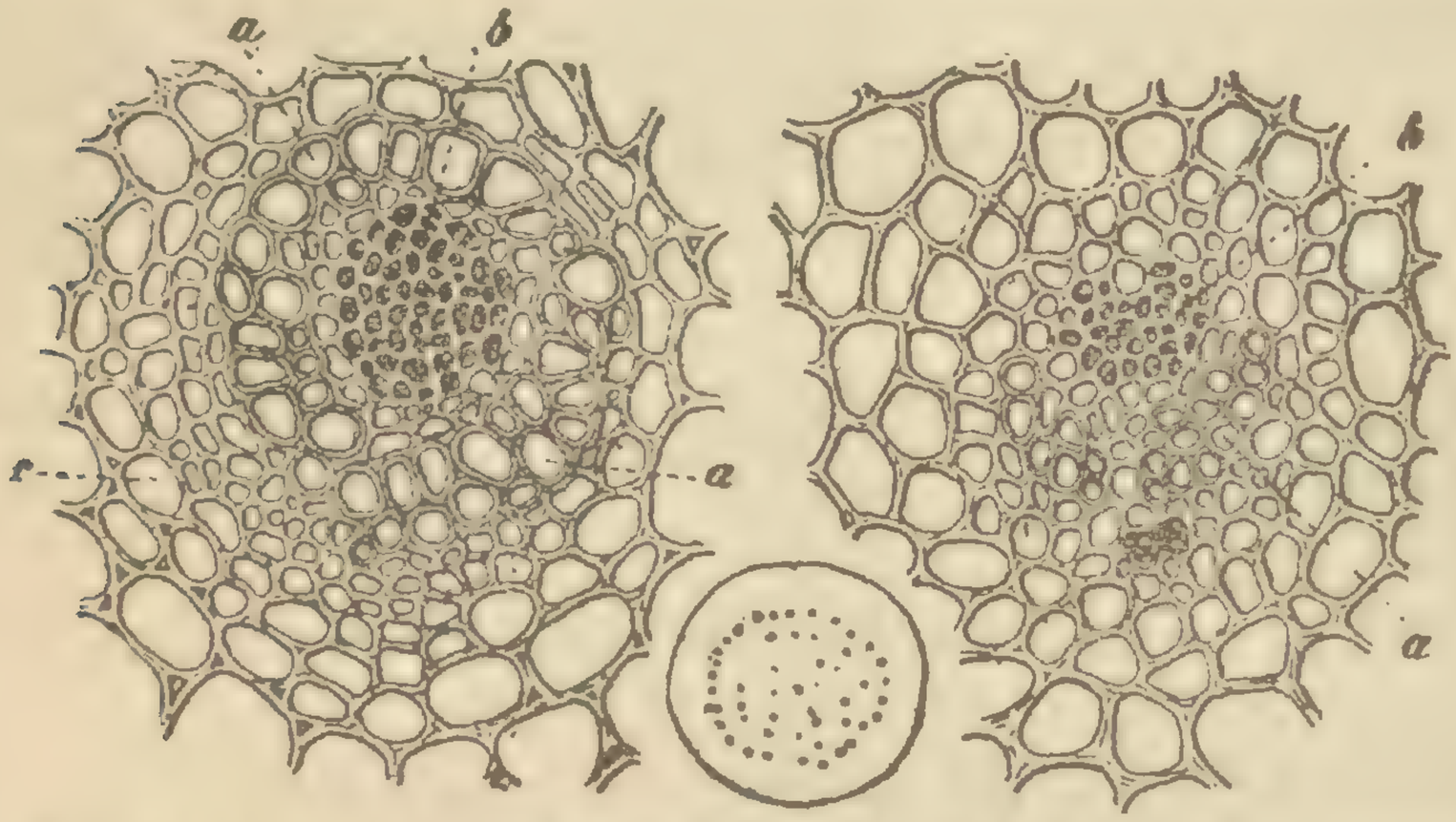


Fig. 47—I. Corte de un hacecillo del tallo de *Convallaria majalis* —*a* leño, *b*, líber; *c*, parénquima esclerosado. II. Corte de un rizoma de *Poligonatum vulgare* que muestra la sección de los hacecillos. III. Corte de uno de los manojos de II. *a*. leño que no rodea á *b*, líber.—(Belzung).

Los vasos de la madera se diferencian, de la parte más central hacia la periférica, de modo que los que ocupan el vértice de la V son los más antiguos, desapareciendo á veces, cuando el hacecillo ha alcanzado su máximo desarrollo y siendo reemplazados por una laguna.

Las diferencias de estructura en cuanto á la distribución del líber y del leño en los tallos de estas plantas, son pequeñas, consistiendo únicamente en que el líber quede más ó menos encerrado por los elementos del leño.

Cualquiera que sea la situación relativa de los elementos histológicos mencionados, van siempre envueltos en una vaina formada de fibras esclerosadas: vaina que es más ó menos espesa según la especie y el desarrollo que tenga la planta.

Esos hacecillos se reparten en el tallo de un modo bastante irregular, no pudiendo genera mente, distinguirse en estos tallos una corteza y un cilindro central bien diferenciados.

Estudiaremos la distribución de los manojos tal como se les observa en un corte transversal y luego en otro longitudinal.

En la mayor parte de las Monocotiledóneas los hacecillos ocupan varios círculos concéntricos, más ó menos regulares, con la particularidad de que esos círculos están tanto más provistos de manojos, cuanto más periféricos son; ó en otros términos, que en la periferia del tallo hay mayor cantidad de manojos que en el centro; circunstancia esta, que unida á la de que la epidermis y parénquima superficial de los tallos de es-

tas plantas se lignifican fuertemente, explica la razón de la mayor dureza de estos órganos en la periferia que en el centro. Esta distribución irregular de los hacecillos, que en corte transversal aparecen como salpicando al tejido conjuntivo fundamental, se repite en el mayor número de las especies, con las excepciones que en seguida mencionaremos.

En algunas Liliáceas (*Convallaria maialis*) se observa la distribución de los hacecillos en círculos concéntricos muy regulares y en algunas Graminácea's herbáceas se les suele ver formando un solo anillo de manojos centrales y otro periférico.

En estos últimos casos suele observarse alrededor de los manojos una endodermis bastante diferenciada que permite ya establecer una diferencia entre corteza y cilindro central.

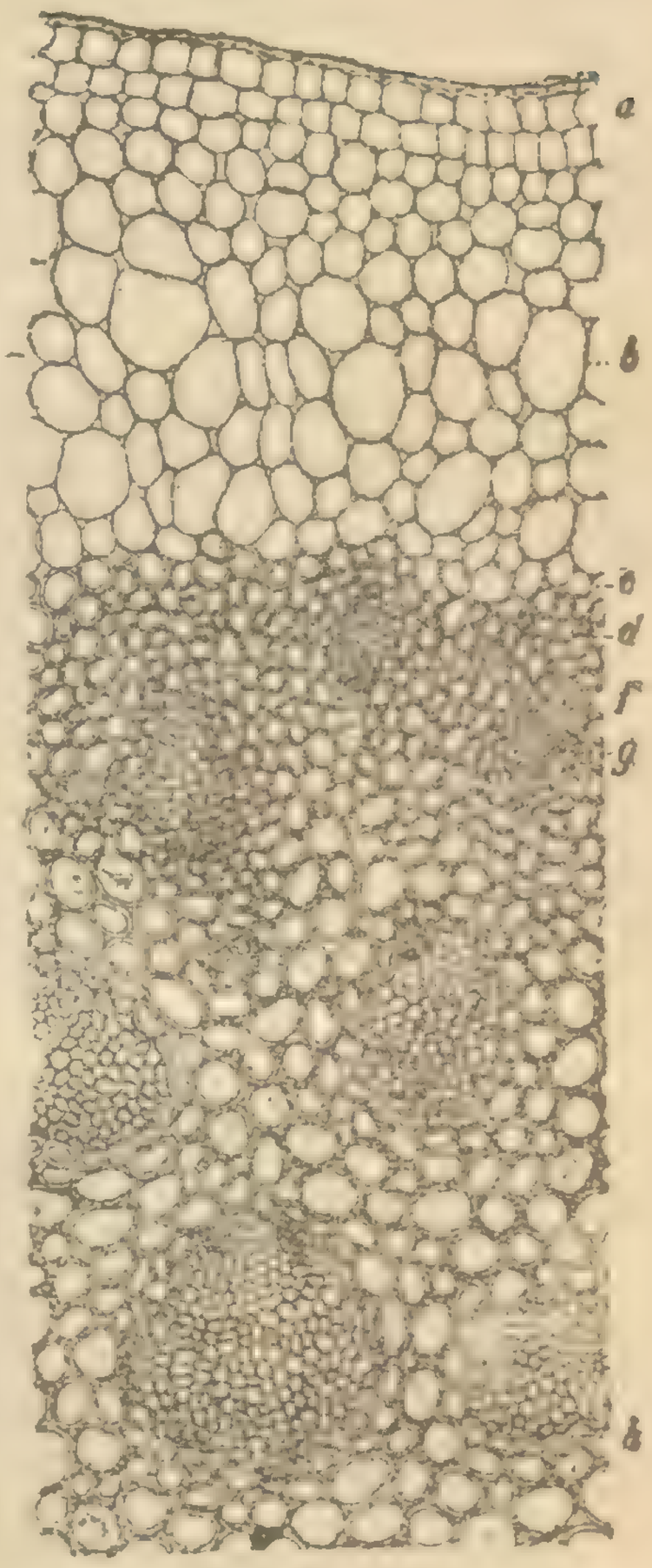


Fig. 48—Corte de un segmento de tallo del *Ruscus aculeatus;* en el que se ve que todo el tejido fundamental del cilindro central se ha esclerificado, *d* y el corte de los hacecillos; colocados en diversos círculos; *g*, leño; *f*, liber; *h*, vaina esclerosa que rodea á los hacecillos—(Belzung).

En cuanto á la distribución longitudinal ó marcha de los hacecillos dentro del tallo, es bastante difícil determinarla por medio de descripciones, teniendo que limitarnos á decir, que en todo tallo se observa dos clases de manojos: los caulinarios y los foliáceos, que los primeros, más anchos y más escasos, ocupan la parte más central y los segundos, más angostos y más abundantes, la periférica. Los caulinarios son propios del tallo, los foliáceos provienen de las hojas y su marcha es en la mayor parte de los casos, la siguiente: los manojos que llegan de las hojas penetran directamente hasta la parte central del tallo y luego se encorvan hacia afuera, y después de recorrer un número variable de entre-nudos se juntan á los hacecillos periféricos. De aquí se deduce que en las Monocotiledóneas existen tanto más hacecillos cuanto mayor es el número de hojas y más próximas se encuentran.

Como en la mayor parte de las Monocotiledoneas no se observan formaciones

secundarias, estas plantas esclerifican muy comunmente las células fundamentales, que forman la mayor parte del tallo y esclerifican é incrustan de silice á sus células más superficiales.

TALLO DE LAS DICOTILEDÓNEAS Y GIMNOSPERMAS—En estas dos grandes agrupaciones de plantas, la disposición de los hacecillos fibro-vasculares y su estructura es sensiblemente la misma, bien entendido que la descripción que vamos á hacer se refiere únicamente á las formaciones primarias.

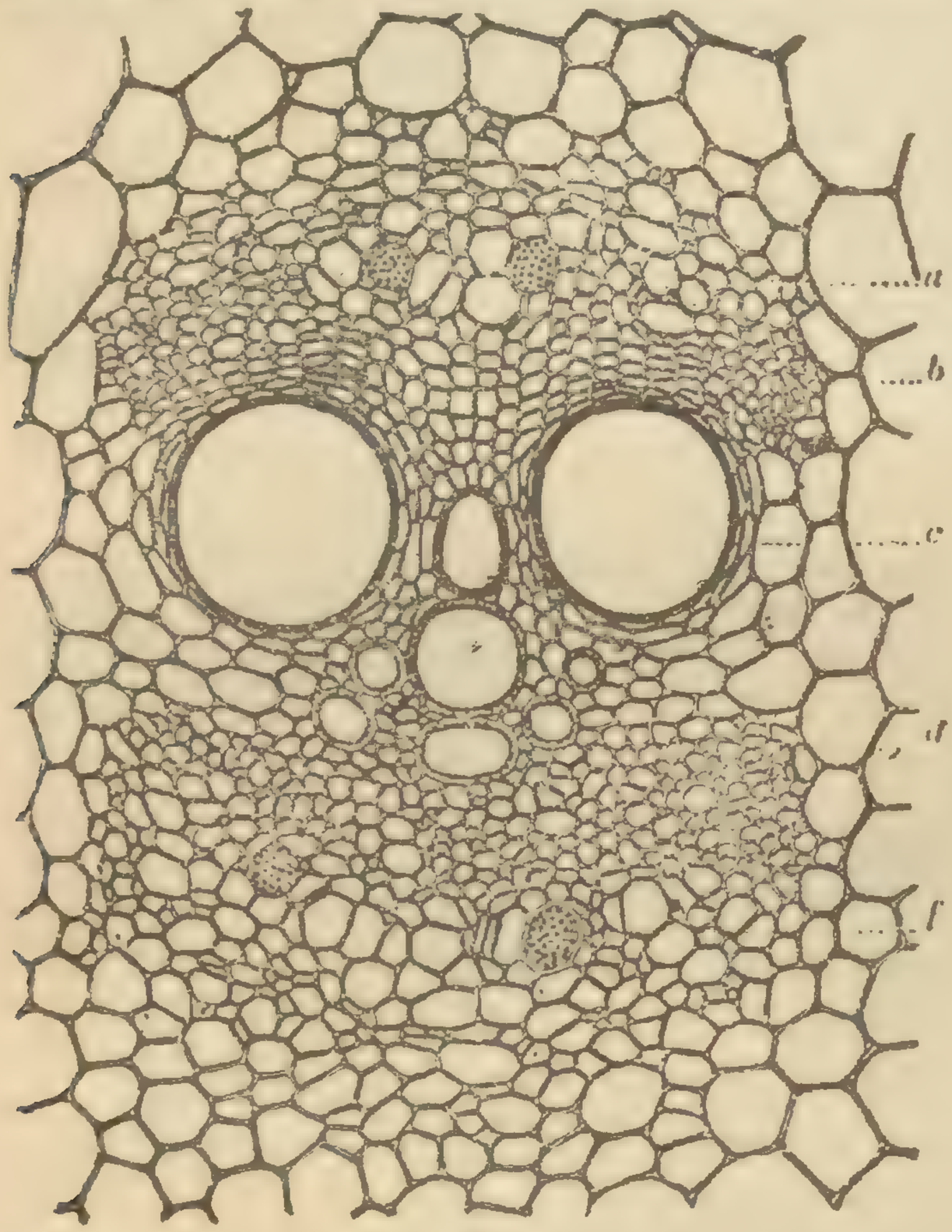


Fig 49—Corte de un hacecillo bi-colateral de una Cucurbitácea (*Cucurbita pepo*) *c d* hacecillo leñoso, *a b* hacecillo liberiano, *d f* otro hacecillo liberiano, peri-medular. En otras familias de Dicotiledóneas se encuentra una disposición análoga—(Belzung).

Los hacecillos libero-leñosos son en estas plantas *colaterales y abiertos;* así llamados porque en ellos los elementos del líber se encuentran colocados por fuera de los del xilema ó leño, ó en otros términos: ambas partes del hacecillo están comprendidas dentro del mismo ángulo.—Son llamados abiertos porque entre el líber y el leño persiste una parte del meristema primordial del tallo constituyendo la *zona cambial, cambium* ó *zona generadora líbero-leñosa*, que por la ulterior división de sus células producirá nuevos elementos histológicos, que aumentarán el espesor de los manojos: son pues, hacecillos abiertos para el crecimiento.

Si se practica un corte transversal del tallo de una Dicotiledónea joven ó bien, se hace ese corte por debajo del cono vegetativo y á poca distancia del vértice, observaremos un número variable de hacecillos, colocados con mayor ó menor simetría axil y compuesto cada uno de ellos por los elementos del líber en la parte más exterior y los del leño en la interior.

Si analizamos cada una de estas partes veremos que la liberiana está constituída por sus elementos histológicos típicos: los *vasos*

cribosos, en número variable, y entremezclados con fibras liberianas. En cuanto á la parte del xilema la veremos constituída por los vasos propiamente *dichos* ó ***traqueas***, que son los elementos característicos, entremezclados con células y fibras esclerificadas.

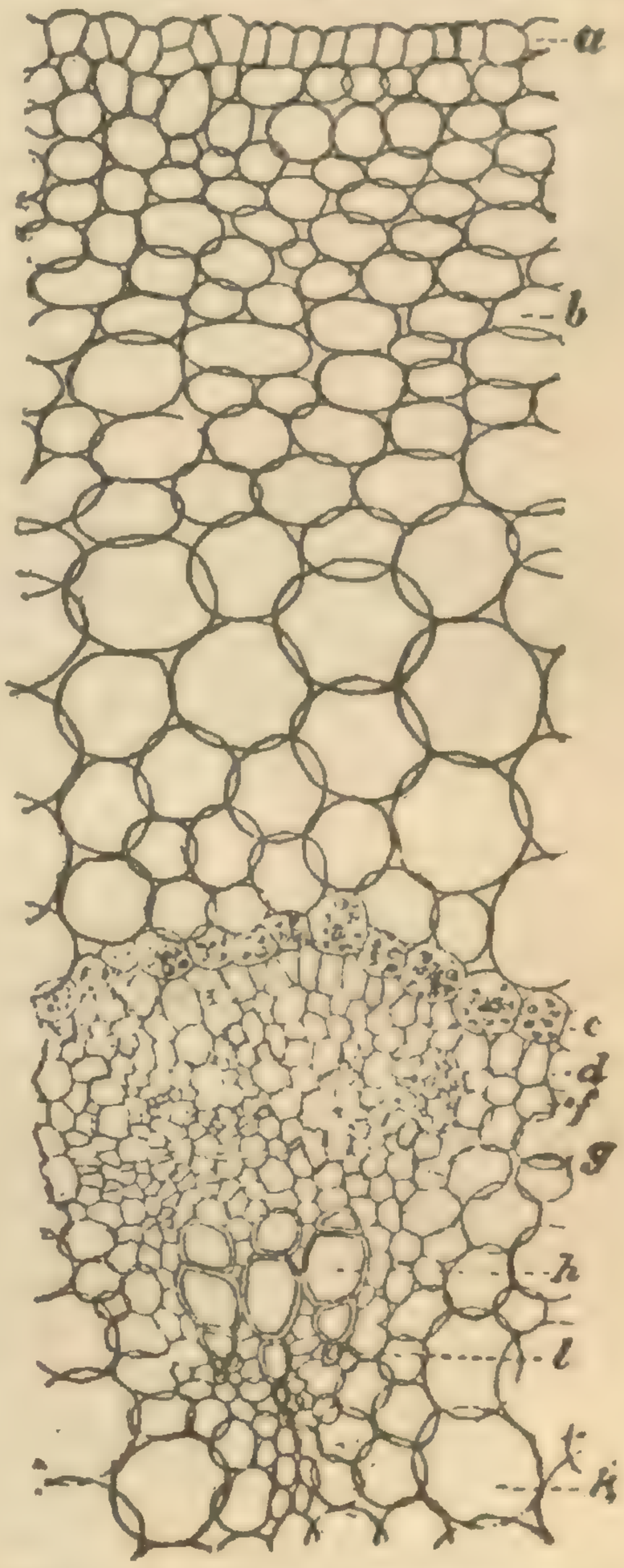


Fig. 50—Corte de un tallo de Dicotiledónea, *f. g.* hacecillo liberiano con el corte de los vasos en *f.*—*h. i.* corte del hacecillo leñoso con vasos punteados *(h)* y espiralados *(i)*.

(Belzug)

Los vasos más internos, que lindan con la médula, son los más pequeños, imperfectos y de esculturas anilladas ó espiraladas. Los más externos, que lindan con el cambium, son mayores, abiertos y de esculturas punteadas ó reticuladas.

Todos los hacecillos se encuentran rodeados por la capa más superficial del tejido fundamental del cilindro central: el periciclo, que comunmente está directamente aplicado contra la parte liberiana.

Cada uno de los hacecillos se encuentra separado de los vecinos por un radio medular más ó menos ancho, según el número de hacecillos que exista.

Ahora bien, el meristema que se encuentra intercalado entre las dos partes de los manojos se continúa también, al nivel de los radios medulares, de modo que forma un anillo continuo. Ya veremos al estudiar la estructura secundaria, el importante papel que desempeña este anillo, formado por un tejido de células de división. En resúmen: la parte liberiana se encuentra limitada, por el periciclo por fuera y la zona generadora por dentro, y la parte leñosa, por la médula por dentro y esa misma zona cambial por fuera.

Estos hacecillos recorren en los tallos un trayecto más ó menos longitudinal, variando únicamente su dirección y su espesor relativo por los cambios de dirección al nivel de las hojas (*nudos*).

En las Gimnospermas la estructura y distribución de los hacecillos fibro-vasculares es idéntica á la descripta en las Dicotiledóneas; diferenciándose únicamente por la existencia en las primeras de gran número de vasos cerrados *areolares*.

Esta característica de la madera de las Gimnospermas, y sobre todo de las Coníferas es mucho más apreciable en las formaciones secundarias.

En las hojas.—La estructura de los hacecillos líbero leñosos de las hojas es la misma que la de los tallos de que dependen; encontrándose, por consiguiente, hacecillos concéntricos cerrados en las de las Monocotiledóneas y colaterales abiertos en los de las Dicotiledóneas y Gimnospermas.

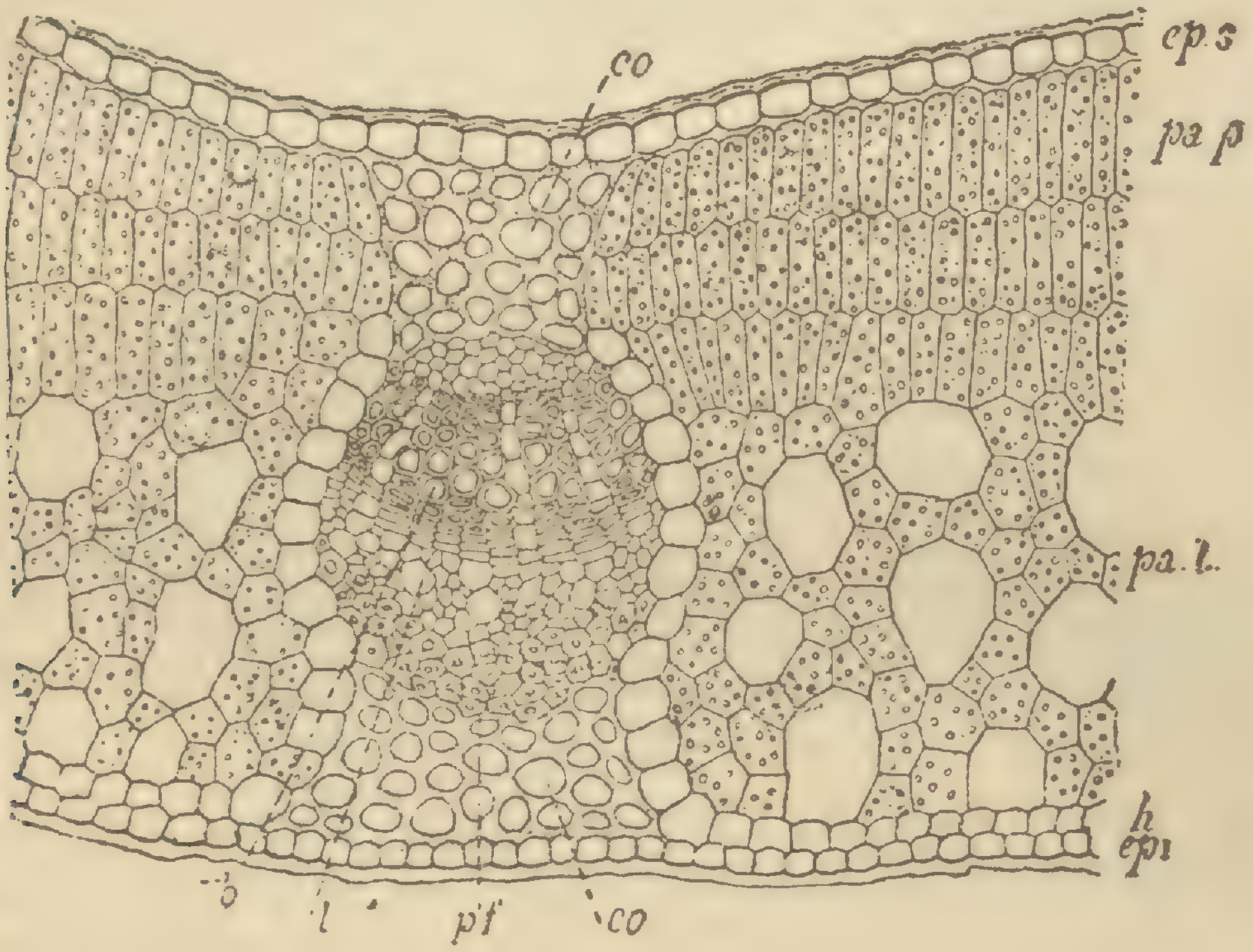


Fig. 51.—Corte transversal de una hoja de *Arctostaphylos uva-ursi* al nivel de una nervadura, *l* líber—*b* leño—*pf.* periciclo fibroso—*co.* colénquima. Estos dos últimos constituyen aparatos mecánicos ó de sostén.—(Herail y Bonnet).

En las Dicotiledóneas se distribuyen por ramificaciones cada vez menores y concluyen al nivel de parénquimas especiales (parénquima acuífero, por medio de tráqueas muy finas y comunmente espiraladas.

Al pasar los hacecillos del tallo á la hoja, y considerando á estos órganos horizontales y dorsi-ventrales, el líber, que era externo en el tallo, se hace inferior en la hoja y el leño interno en el primer órgano, se hace superior en el segundo.

En las raíces—En oposición á la diversidad de estructuras y distribuciones que hemos estudiado en el tejido libero leñoso de los tallos en la raíz de todas las plantas vasculares la composición y colocación de los manojos es más ó menos la misma.

En la raíz es donde menos se justifica el nombre de hacecillos fibro-vasculares ó líbero-leñosos, porque en este órgano se encuentran aislados los elementos del líber y del xilema.

La disposición de este tejido es, en este órgano, *radial*. Hemos visto ya que la raíz posee, como el tallo, una corteza primordial y un cilindro central ó *estela*. Es aquí, en la estela, en donde se encuentran los hacecillos liberianos y leñosos, colocados en número igual y en radios del corte transversal.

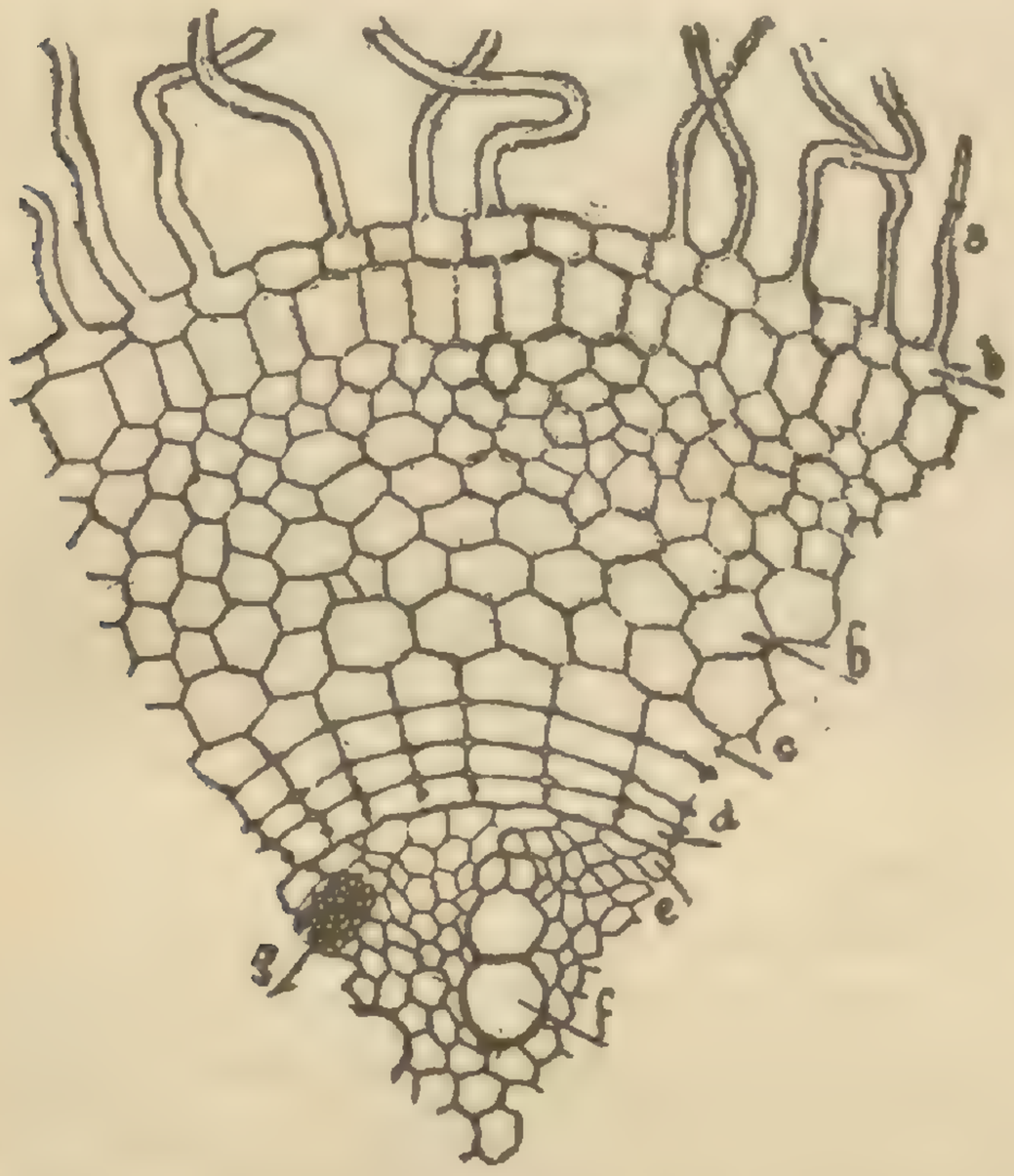


Fig. 12—Corte de una raíz en el que se ve la disposición radial de los hacecillos fibro-vasculares en el cilindro central—*f*, hacecillo leñoso—*g*, hacecillo liberiano.

Cada hacecillo liberiano está compuesto por un número variable de vasos cribosos, cuyos calibres son menores que los de las tráqueas y están limitados, en el corte, por el periciclo hacia afuera, los radios medulares primarios por los lados y la médula por dentro.

Los hacecillos leñosos están constituidos únicamente por tráqueas, no hay fibras ni parénquima leñoso como en el tallo.

Esas tráqueas son de dos clases y tienen dos edades distintas, constituyendo lo que se llama el *protoxilema* y el *metaxilema*. El protoxilema constituye el leño primordial y está formado por vasos de calibre más pequeño, cerrados y comunmente, de esculturas anilladas ó espiraladas. El metaxilema, por el contrario, está compuesto por tráqueas de calibre mayor, y de esculturas comunmente punteadas, aunque por lo general son como las anteriores, cerradas.

Como vemos, pues, en el cilindro central de la raíz se encuentran los hacecillos liberianos separados de los leñosos por radios medulares primarios.

Decíamos que esta disposición es bastante general en todas las raíces y en efecto, la única diferencia más importante que pueda mencionarse es la referente al número de hacecillos. Las de constitución más sencilla poseen la llamada disposición *binaria;* lo que quiere decir que el número de hacecillos es de dos, bien entendido que se trata de dos manojos de xilema y de dos liberianos. En este caso los hacecillos leñosos se encuen-

tran colocados en el mismo diámetro, de modo que llegan á tocarse por sus protoxilemas en el centro de la estela; desapareciendo por consecuencia la médula. Existen, en tal caso dos grandes fajas de tejido fundamental, á un lado y otro de los manojos leñosos, que los separan de los dos haces liberianos.

Esta disposición binaria es aún más simple en las raíces de algunas plantas de los géneros *Isoetes*, *Selaginella*, etc. pertenecientes á las Criptógamas vasculares, y en las cuales se encuentra un solo hacecillo.

Desde la disposición binaria, por lo general la más sencilla, y que se encuentra en muchas especies de plantas vasculares, el número de hacecillos va en aumento, hasta llegar en algunas Monocotiledóneas á encontrarse muchas docenas de ellos. Cualquiera que sea el número, siempre hay igual cantidad de manojos liberianos y de manojos leñosos.

Lo mismo que hemos visto en el tallo, la disposición ó estructura, primaria de este tejido en las raíces es la única en las Monocotiledóneas y Criptógamas vasculares, habiendo formaciones libero-leñosas secundarias en las Gimnospermas y Dicotiledóneas. Su estudio lo haremos cuando nos ocupemos en particular de la estructura de este órgano.

17. Estereomas – Hemos dicho que el papel fisiológico del tejido libero-leñoso era principalmente el de servir como aparato de conducción y de sostén. Pero este último papel no es esclusivo de él, porque en algunas plantas, por existir pocos hacecillos ó por la desproporción entre el tamaño del órgano y la cantidad de tejido libero-leñoso, ciertos parénquimas transfórmanse en tejidos de sostén, convirtiendo las primitivas células parenquimáticas, de paredes celulósicas y delgadas, en elementos lignificados (células esclerenquimáticas) ó bien, sin dejar de ser celulósicas, se engruesan considerablemente (colénquima). En algunos casos, junto con la transformación ó el engrosamiento, sobreviene también un considerable crecimiento en uno de los diámetros; transformándose así, las células en fibras.

Estas diversas transformaciones del tejido fundamental, destinadas á asegurar mayor resistencia al órgano, constituyen los llamados *estereomas*, muy comunes en tallos, hojas y raíces de los que daremos algunos ejemplos.

En los tallos pueden considerarse como estereomas las transformaciones colenquimáticas de las células de los parénquimas corticales, que pueden observarse en las capas más externas ó en las más internas.

Se observa también estos engrosamientos y transformaciones en las células de la endodermis, en las que hemos visto que puede haber, no solamente suberificación en cuadro, sino también lignificación parcial ó total.

En algunas Criptógamas vasculares hemos visto la formación del estereoma á expensas de los tejidos superficiales (epidermis y parénquima). Finalmente, en muchas Monocotiledóneas y especialmente en las Palmáceas todo el tejido fundamental que forma al tallo se esclerifica.

En las hojas y en los peciolos se observan también estereomas al rededor de los hacecillos fibro-vasculares y en el tejido fundamental del mesófilo; pudiendo encontrarse estereomas contínuos, al rededor de toda la hoja, como pasa en las de las Coníferas, que comunmente son uniner vias ó verse trayectos aislados de colénquima ó esclerénquima, en regiones especiales.

En la raíz encontramos disposiciones análogas á las del tallo, en el sentido de que esos aparatos mecánicos especiales pueden encontrarse en las capas de la corteza, en la endodermis ó en el cilindro central.

Ejemplos de la primera disposición encontraremos en las raíces de las *zarzaparrillas* (*Smilax*), que esclerosan las capas más superficiales de su corteza y también la endodermis; y de estereomas centrales, en algunas otras Monocotiledóneas, como la *pita* (*Agave*), que lignifica todas las células del cilindro central.

18—Apéndice.—Tejido Secretor.—El tejido secretor depende del fundamental ó del epidérmico y dedicaremos un breve espacio á su estudio por la importancia que tienen algunos de sus productos, del punto de vista médico.

Las sustancias agregadas son por su composición química, especialmente, esencias y resinas, principios, ambos que no pueden ser ya utilizados por el vegetal y que son por consiguiente, verdaderas *excreciones*.

La secreción realizada por el tejido epidérmico encuentra su expresión más simple en la efectuada por las células de los epitelios que cubren á las diversas piezas de la flor. Se observa en muchas de ellas que esas células, ligeramente alargadas ó en forma de papilas, contienen dentro de su protoplasma granuloso una ó más gotitas de esencia, la que puede evaporarse en parte, ya que, como hemos dicho, es el epitelio un tejido con poca tendencia á la cuticulización.

Del mismo modo se comportan las epidermis, propiamente dichas, qne revisten á algunas hojas y tallos herbáceos, sirviendo á veces, los productos de la secreción ó las formas de las células secretoras para la caracterización de familias ó de géneros (*Labiadas*, *Escrofulariáceas*, *etc*).

Los pelos secretores realizan un grado más avanzado del desarrollo de este tejido pero como ya los hemos descripto con el tejido epidérmico, no insistiremos en su estudio.

En cuanto al tejido secretor interno ó dependiente del tejido fundamental, puede encontrarse representado por células *aisladas*, por células en *filas*, por células *ramificadas* y de *estructura continua* y, finalmente, por verdaderos macizos celulares, que encontraremos en las *bolsas* y *canales secretores*.

Las células secretoras aisladas se encuentran en el interior de ciertos parénquimas, comunmente desde el principio del desarrollo del tejido, y se distinguen de las células ambientes por su tamaño, que puede ser mayor ó menor y por su contenido que generalmente se destaca, entre los de las otras células. Nos suministran ejemplos de esta clase de células secretoras, las que se encuentran en el mesófilo de las hojas del laurel común (*Laurus nobilis*).

En otros parénquimas se encuentran también las células aisladas, si se las observa en un corte transversal, pero si efectuamos un corte longitudinal observaremos que la célula que aparecía aislada forma parte de una hilera más ó menos larga de elementos iguales. En otros casos, esas células más ó menos alargadas tienen tabiques transversales de separación, con puntos más ó menos adelgazados y aún con verdaderas cribas. **En las catáfilas de la cebolla** (*Allium cepa*).

Esta última forma de tejido secretor nos lleva á la consideración de las células alargadas y ramificadas, de estructura continua que segregan y circulan *lactex* y por lo que son llamadas también *lacticíferas*. Son características de las *Euforbiáceas* y de algunas *Papaveráceas* y *Urticáceas*. Estas células están alojadas en el interior de los parénquimas de los tallos de esas plantas y responden por su orígen á dos categorías diversas siendo algunas, continuas desde su orígen, ó sea, formadas por largos tubos más ó menos ramificados, que en su interior poseen muchos núcleos y protoplasma, además del producto segregado, y otras que poseen en el principio de su desarrollo tabiques transversales, que se reabsorben después.

Finalmente, en las bolsas y canales secretores encontramos verdaderos macizos celulares, que se encargan de la secreción. No hay entre ambas formas de glándula más que diferencia de longitud, teniendo en efecto el mismo origen.

Bolsas secretoras encontraremos en los parénquimas del tallo, de las hojas y de los frutos de muchas *Rutáceas* y originadas por el tabicamiento de una célula primordial, que desde el principio del desarrollo se distingue de las ambientes por su tamañc y coloración y que se tabica un cierto número de veces y en distintas direcciones, hasta originar un verdadero macizo celular, en cuyo centro se ha formado una laguna que contiene el producto de la secreción. (Hojas y frutos del naranjo). (*Citrus aurantium*), hojas de eucalipto. (*Eucaliptus globulus*), hojas de ruda (*Ruta graveolens*), etc.

De los canales secretores, son los más interesantes, del punto de vista médico, los resiníferos de las *Coníferas*, en cuyas hojas (fig. 39), tallos y raices (fig. 38) ss encuentran constantemente y desde que la planta es muy joven. Su modo de formación es análogo al de las bolsas secretoras, con la diferencia de que no es una sola célula la que se divide para formar el nódulo secretor, sino toda una hilera de ellas. Estos canales segregan oleoresinas, productos de composición muy compleja y cuyas propiedades son utilizadas en medicina.

CAPÍTULO V

ORGANOGRAFIA

Los tejidos que acabamos de estudiar se agrupan de diversas maneras para constituir los órganos.

En las plantas superiores la organización es completa con la existencia de tres categorías de miembros: raíz, tallo y hoja, por lo menos desde el punto de vista morfológico, aunque si adoptaramos una clasificación fisiológica no encontraríamos contradición, ya que bajo ese concepto los miembros son de nutrición ó de reproducción, y los encargados de la primera función son, precisamente, las raíces, los tallos y las hojas, y se encargan de la segunda las flores, que, morfológicamente, no son más que hojas modificadas y colocadas de modos variables al rededor de un tallo.

El estudio que ahora emprendemos se refiere casi exclusivamente á las plantas llamadas vasculares, que, como ya hemos dicho, son las únicas que poseen esa organización completa. Las Muscíneas y las Talófitas ocupan un grado más bajo en la organización; teniendo estas, representado su cuerpo vegetativo, encargado de las funciones de nutrición y reproducción por un *talo*, en el que no es posible apreciar esas divisiones en miembros especiales. Las Muscíneas ocupan á este respecto un grado intermediario: las más inferiores lindan con las Talófitas y son casi talomáticas; las más elevadas se aproximan á las Criptógamas vasculares, estando dotadas de verdadero tallo y hojas y desprovistas de verdaderas

raíces, por lo menos de la raíz morfológicamente considerada, porque del punto de vista fisiológico, son las Muscíneas, dueñas de órganos que desempeñan las dos principales funciones á las raíces asignadas: de absorción y de fijación.

Consideraremos á los órganos aisladamente y los estudiaremos bajo la triple fase de sus formas exteriores, su organización interior y generalidades sobre sus funciones, y muy especialmente, de las que son más visibles y que Van Tieghem estudia con lo que él llama Fisiología externa.

Nos ocuparemos primero de los órganos que comunmente desempeñan funciones de nutrición: raíz, tallo y hoja, y luego, del conjunto de hojas metamorfoseadas que tiene á su cargo la reproducción de las Fanerógamas y que constituye la flor.

LA RAIZ

19.—Caracteres generales.—Es la raíz un órgano de forma comunmente cónica, de simetría axil y que lleva en su extremidad una zona especial: la *cofia*. Fisiologicamente desempeña un doble papel: es órgano de absorción de las sustancias nutritivas y el que más eficazmente contribuye á la fijación del vegetal.

Hay plantas que poseen órganos que no responden á la caracterización morfológica que hemos hecho de la raíz, aunque fisiológicamente desempeñen ese papel. Debido á ello se ha propuesto, aunque no ha prosperado la idea, llamar *ricicomas* á las verdaderas raíces, *rizóides*, á los órganos celulares de las Muscíneas y Talófitas, que no responden á la estructura de las verdaderas raíces, pero que desempeñan funciones de tales, y *ricicóides* á los órganos de algunas plantas vasculares que aunque ostentan todos los caráteres morfológicos y de estructura de tallos ó de hojas, desempeñan funciones de raíz,

La raíz proviene directa ó indirectamente de la radícula del embrión. En la mayor parte de las Dicotiledóneas y Gimnospermas la radícula, al transformarse en raicilla, conserva su preeminencia en el desarrollo, de modo que constituye un eje central bien caracterizado, que sostiene á todas las demás raíces.

En las Monocotiledóneas y Criptógamas vasculares también se observa que es la radícula la primera parte que se desarrolla, hasta llegar á un grado determinado, en el cual, cesa en su crecimiento por el desarrollo de raíces laterales; de modo que no existe en estas plantas un eje primario, centro del sistema. Las raíces que, como las de la mayor parte de las Dicotiledóneas y Gimnospermas, tienen un eje central muy desarro-

llado se llaman *típicas*, y *atípicas* las de las Monocotidóneas, Criptógamas vasculares y algunas Dicotiledóneas.

Cualquiera que sea la clase de raíces que consideremos, presentan todas un conjunto de caracteres exteriores que les son comunes; caracteres que se refieren á sus formas, aspecto y coloración exterior, consistencia, etc.

La forma más característica hemos dicho ya que es la cónica, con el vértice hacia abajo y la base continuándose con la del tallo, en donde se encuentra el llamado *cuello* del vegetal, si se trata de una raíz terminal, y con otra raíz, la parte lateral del tallo, una hoja, etc., cuando se trata de raíces laterales.

Esa forma cónica típica se altera en muchos casos por la adaptación del órgano á medios ó funciones especiales; pudiendo entonces ser más ó menos fusiformes, tuberculosas, moniliformes ó en forma de rosario, fasciculadas, etc.

Fifi. 53.—Partes de una raíz. A B, Zona suberosa. B D. Zona lisa ó de crecimiento. Por debajo de C. cofia (Bonnier et Leclerc du Sablón.)

La raíz tiene un aspecto exterior y una coloración, variables con la edad del órgano y el medio en que se desarrolla; sin embargo, de un modo general puede decirse que no presenta nunca la coloración verde característica de las hojas y tallos herbáceos; si exceptuamos algunas raíces aéreas, que por desarrollarse en plena luz son capaces de engendrar clorófila, en sus perénquimas externos.

Las raíces jóvenes son comunmente blancas, blanco amarillentas ó parduzcas. Las raíces viejas por el desarrollo de suber se nos presentan más ó menos escabrosas y de color parduzco.

La consistencia está de acuerdo con la cantidad de tejido libero-leñoso que contengan, pudiendo dividirse á este respecto en raíces *herbáceas* y *leñosas*, con sus grados intermediarios.

Partes de la raíz.—Si observamos una raíz jovén y no ramificada veremos en ella cuatro regiones bien determinadas. En la extremidad, una parte de desarrollo y consistencia variable, pero que generalmente se distingue por su coloración más oscura, que constituye la *cofia*, *piloriza*, *espongilla* ó *rizocaliptra*. Por encima de ella hay una región, comunmente muy lisa, y de coloración más clara que concluye al nivel de la primera hilera de pelos; los que se continúan en filas sucesivas, comunmente formadas por pelos cada vez más largos y que constituyen la llamada *zona* ó *región pilífera*, la que no llega hasta la base del órgano, sino que termina á una altura variable, en donde se continúa con la llamada *zona suberosa*

que se extiende, por consiguiente, desde la última hilera de pelos hasta el cuello de la planta. La zona suberosa es comunmente escabrosa y de coloración parduzca.

La cofia.—Es más ó menos visible, á simple vista ó con ligeros aumentos, en todas las verdaderas raíces. Su presencia constituye, como ya hemos dicho, uno de los caracteres más constantes de diferenciación entre la raíz y el tallo.

Fisiológicamente desempeña la cofia, un papel protector muy importante por encontrarse recubriendo á la parte más delicada del órgano: el punto vegetativo ó de crecimiento, constituído por células meristemáticas de paredes celulósicas muy delgadas y á cuya incesante división, debe la raíz su crecimiento.

La cofia proteje muy eficazmente esa región por su forma de bonete ó en dedo de guante, que recubre por completo al meristema terminal, y por la resistencia é impermeabilidad de las paredes de sus células.

La cofia proteje á la raíz terrestre contra los roces y desgastes que sufriría, en su crecimiento, contra los granos duros del suelo; se la encuentra en las raíces aéreas en donde la protección la efectúa por la impermeabilidad de su tejido: evitando la evaporación del agua de las células meristemáticas, y no falta tampoco en las raíces acuáticas, en las que si bien no hay peligro de roces y evaporación, necesitan, sin embargo, protección, contra la acción de los microrganismos que en las aguas pululan y que destruirían esos elementos vitales para aprovechar la cantidad de sustancias nutritivas que contienen.

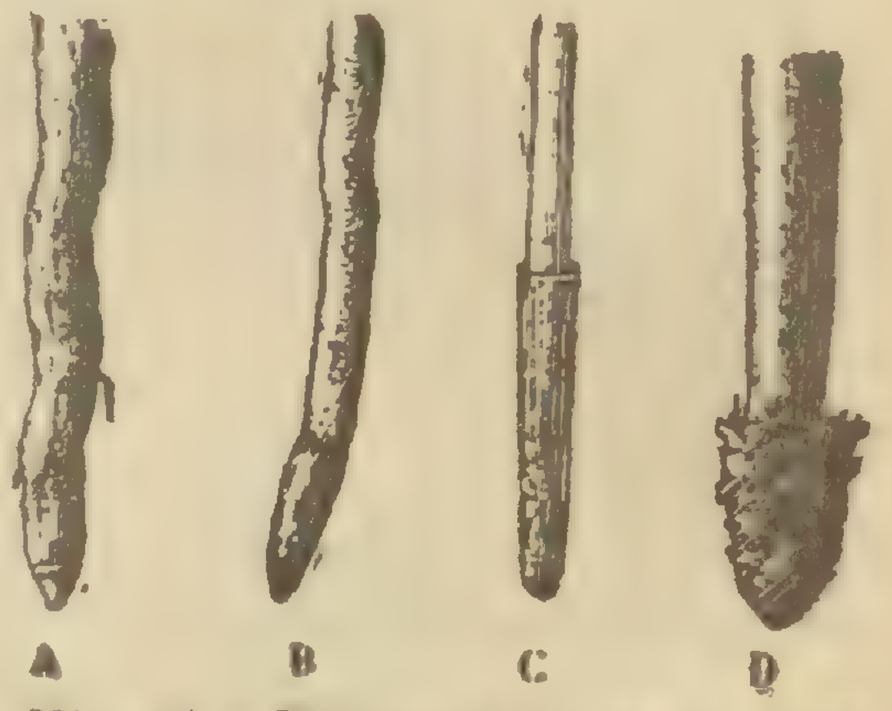


Fig. 54.—Diversas formas de cofias. A. de espárrago. (*Asparagus officinalis*). B. de una orquídea (*Cattleya*). C. de lenteja de agua (*Lemna minor.*) D. de *pandanus*. Bonnier et Leclerc du Sablón)

En algunos vegetales la cofia alcanza un gran desarrollo. pudiendo observarse un verdadero bonete de bordes salientes y que puede, á veces, ser desprendido con facilidad; tal sucede con la del espárrago (*Asparagus officinalis*), y la del Pandanus (*Pandanus candelabrus*), en este último caso la cofia alcanza un desarrollo de varios centímetros. Algunas plantas acuáticas poseen varias cofias, siempre en forma de bonete y encajadas unas en otras, como se observa en los *Hydrocharis*, yerbas acuáticas flotantes.

En general puede decirse que la cofia se desarrolla preferentemente en las raíces aéreas (*Orquídeas*) y en las acuáticas.

Hay plantas que desarrollan una pequeña cofia cuando crecen en el suelo y muy grande cuando se las hace crecer en el agua (raíces de los bulbos de varias Liliáceas).

La zona que continúa á la cofia es intermediaria y se nos presenta lisa, por encontrarse cubierta por la epidermis ó epiblema, cuyas células van progresivamente alargándose para constituir la zona de absorción ó de los pelos radiculares.

ZONA PILÍFERA—Está formada por la parte media de la raíz y su altura es variable según las especies. Con un pequeño aumento se puede ver que el erizamiento ó aterciopelado que presenta lo debe á la presencia de abundantes pelos, colocados en series más ó menos regulares, y de longitud creciente, desde la parte inferior hacia la superior. Para poder observarlos es menester hacer crecer una raíz joven en el agua, porque como son unicelulares y muy frágiles se desgarran con facilidad si se arranca la raíz del suelo.

Esta zona cuya estructura y origen estudiaremos más adelante, presenta una gran importancia fisiológica. porque es la encargada de efectuar la absorción del agua y sustancias en ellas disueltas que en el medio donde la raíz se desarrolla, se encuentren.

La ZONA SUBEROSA sub-siguiente nos ofrece muy poco interés, del punto de vista macroscópico; ya nos ocuparemos nuevamente de ella al hablar de la estructura del órgano.

20. Raíces terminales y raíces laterales—Las primeras son las consideradas normales, las que continúan al tallo; las laterales pueden originarse en lugares señalados de antemano, como ser en la proximidad de las hojas y de las yemas ó formarse en órganos y lugares que no sean los normales, recibiendo entonces el nombre genérico de *adventicias*.

Las raíces adventicias se encuentran comunmente en los tallos. desempeñando propiamente las funciones de raíz ó bien, funciones accesorias (*garfios* de la *hiedra*) — Son raíces adventicias las que se desarrollan en muchas *Aróideas* á lo largo de sus tallos y contribuyen en gran parte al sostén de la planta; las que se originan en los estolones de las violetas y de las fresas: las que se observan en muchos rizomas, bulbos y tubérculos y finalmente, las que se desarrollan en algunas hojas (*Begoniáceas*, *Bryophyllum*, *Cardamine*, etc.).

Fig. 55--Raices adventicias de fresal (*Fragaria vesca*, Belzung)

No es siempre fácil distinguir con claridad lo que debe entenderse por raíces laterales regulares y raíces adventicias, siendo para muchos autores adventicias, todas las que se forman en otros órganos ó lugares que no sean la extremidad del tallo ú otra raíz.

21. Modificaciones de las raíces—Hemos visto ya que este órgano es susceptible de apartarse del tipo general de forma y estructura, para adaptarse mejor al medio ó á otras funciones que no sean las comunes.

Vamos á pasar revista á las más importantes de estas modificaciones.

Raíces aèreas—Las raíces aéreas son por su origen verdaderas raíces adventicias, pero tienen algunas modificaciones de estructura que hay que mencionar y que las deben á la influencia del medio en que se desarrollan y á las funciones accesorias á que están destinadas.

En lo referente á la estructura, lo que más las caracteriza es la existencia exagerada de tejidos de sostén é impermeables: además de llevar, comunmente, una piloriza muy desarrollada y un cilindro central con gran cantidad de elementos lignificados, se caracterizan también por la ausencia de pelos radiculares y la existencia del *velo*.

El velo, que puede estudiarse muy bien en las raíces aéreas de las Orquídeas, está constituído por varias capas de células de paredes engrosadas y sin protoplasma, el que ha sido reemplazado por el aire.

Esas células, generalmente poliédricas, se unen íntimamente y poseen en sus membranas esculturas muy características.

La existencia de esas capas celulares dá á las raíces que las poseen un color blanco anacarado, y por la resistencia que tienen y su impermeabilidad aseguran una eficaz protección á los tejidos blandos del órgano é impiden la desecación de los protoplasmas.

Comunmente el velo se extiende en toda la superficie de la raíz, salvo en la región sub-terminal, por encima de la piloriza (zona de crecimiento) en donde el tejido parenquimático de la corteza, falto de esa protección, suele desarrollar clorófila y presentar, por consiguiente, una coloración más ó menos verdosa.

Las raíces aéreas están destinadas á diversas funciones, accesorias unas, y las propias de la raiz, otras. Pueden comprenderse en esta clase á las de las Orquídeas que aseguran el sostenimiento del vegetal por medio de la tranformación en verdaderos *zarcillos* ú órganos encargados de arrollarse al rededor de los objetos que á su paso encuentran, formando espirales más ó menos apretadas, que constituyen un seguro medio de fijación. Algunas raíces aéreas de las mismas plantas flotan libremente en el aire y cuando son muchas, forman un conglomerado, en el

que se deposita impurezas de la atmósfera y donde se fija gran parte del vapor de agua, que el órgano es capaz de absorber.

La *yedra* (*Hedera helix*), nos suministra un ejemplo de *raíces-garfios*. Posee esta planta una cantidad de raicillas adventicias, desprovistas de piłoriza, que se desarrollan todas en la misma cara del tallo y que por su poder de penetración y de adaptación á las formas de los diversos cuerpos que encuentran, constituyen también importantes órganos de fijación. Raíces aéreas que á la manera de los cordages de los palos de buques contribuyan á la fijaciọn de la planta, se encuentran también, entre las *Bromeliáceas* (claveles del aire, *Tillandsia*, las Aróideas (gen.: *Arum*, *Phylodendron*, etc.) y las Ficoideas, tribu de las Urticáceas (*Ficus Indica* ó *F. Benghalensis*).

Las RAÍCES ACUÁTICAS se caracterizan, en lo que á su estructura concierne, por la ausencia de pelos radiculares y la laxitud del tejido parenquimático de la corteza, lleno de grandes lagunas que contienen aire y que disminuyen la densidad del órgano hasta hacerlo flotante. Son estas raíces, escasas de tejidos lignificados, llegando la simplificación de la parte leñosa hasta no poseer más que un solo vaso de paredes apenas lignificadas. (*Vallisneria*, algunos *Ranunculus*, etc.).

Las RAÍCES TUBEROSAS, que es menester no confundir con las expansiones tuberculosas subterráneas de los tallos, se forman por la acumulación de sustancias de reserva en los diversos tejidos de la raíz. Puede encontrárselas en plantas de raíces típicas (remolacha, *Beta vulgaris*, rábano *Raphanus sativus*, nabo, *Brassiea napus*, etc.) ó en plantas de raíces atípicas, ya entre la Monocotiledóneas, como en las Orquídeas ó ya entre las Dicotiledóneas, como en algunas Compuestas (*Dahlias*). En el primer caso constituyen una exageración del sistema radical, puesto que el eje principal es sumamente desarrollado (*pivot* de los autores franceses) y los ejes secundarios son muy pequeños.

Las sustancias que se acumulan en las diversas raíees tubérculos pueden ser: *glucosa*, *sacarosa*, *almidón*, *inulina*, etc. y esas sustancias se depositan en los tejidos normales, que sufren una hipertrofia de sus parén-quimas para adaptarse á esta función, ó bien, se producen formaciones histológicas anómalas, en donde se acumulan las diversas sustancias, como se observa en la remolacha, en algunas Orquídeas, etc.

Algunas veces es difícil determinar á primera vista la naturaleza de estos tubérculos, es decir, si son adaptaciones de un tallo ó de una raíz. Hay que recurrir entonces al estudio del desarrollo y de la estructura, para hacer un diagnóstico exacto.

Las RAÍCES CHUPADORAS de muchas plantas epífitas se constituyen en forma de verdaderas radículas ó son simples producciones exógenas de

los tejidos más superficiales del órgano. Cualquiera que sea su origen, existe siempre en ellas uno ó más manojos de hacecillos libero-leñosos, que establecen comunicación continua entre el cilindro central de la raíz del parásito y los tejidos de la planta huesped. Diversas especies del género *Cuscuta*, las *Orobancas*, *Melapyrum*, etc., nos suministran ejemplos de formaciones, de estas raíces chupadoras.

La Cuscuta, que es conocida entre nosotros con el nombre de *cabellos de angel*, se desarrolla sobre diversas plantas huéspedes, (alfalfa, ortigas, etc.) y lleva el parasitismo al más alto grado de perfección. Los órganos, por medios de los cuales se fijan á la planta huésped y establecen por fin una comunicación constante por medio de haces fibro-vasculares, se llaman *austorios*.

22. Estructura de las raíces. — Hemos estudiado ya, aisladamente, los diversos tejidos que forman parte de la raíz y hemos indicado también las particularidades más salientes de cada uno de ellos; vamos ahora á reunir todos esos datos dispersos, considerando la estructura primaria de una raíz á la altura en que tiene todos sus tejidos diferenciados. Se recordará que dijimos también, que esa estructura primaria es la misma en todas las plantas vasculares, lo que facilita mucho su conocimiento.

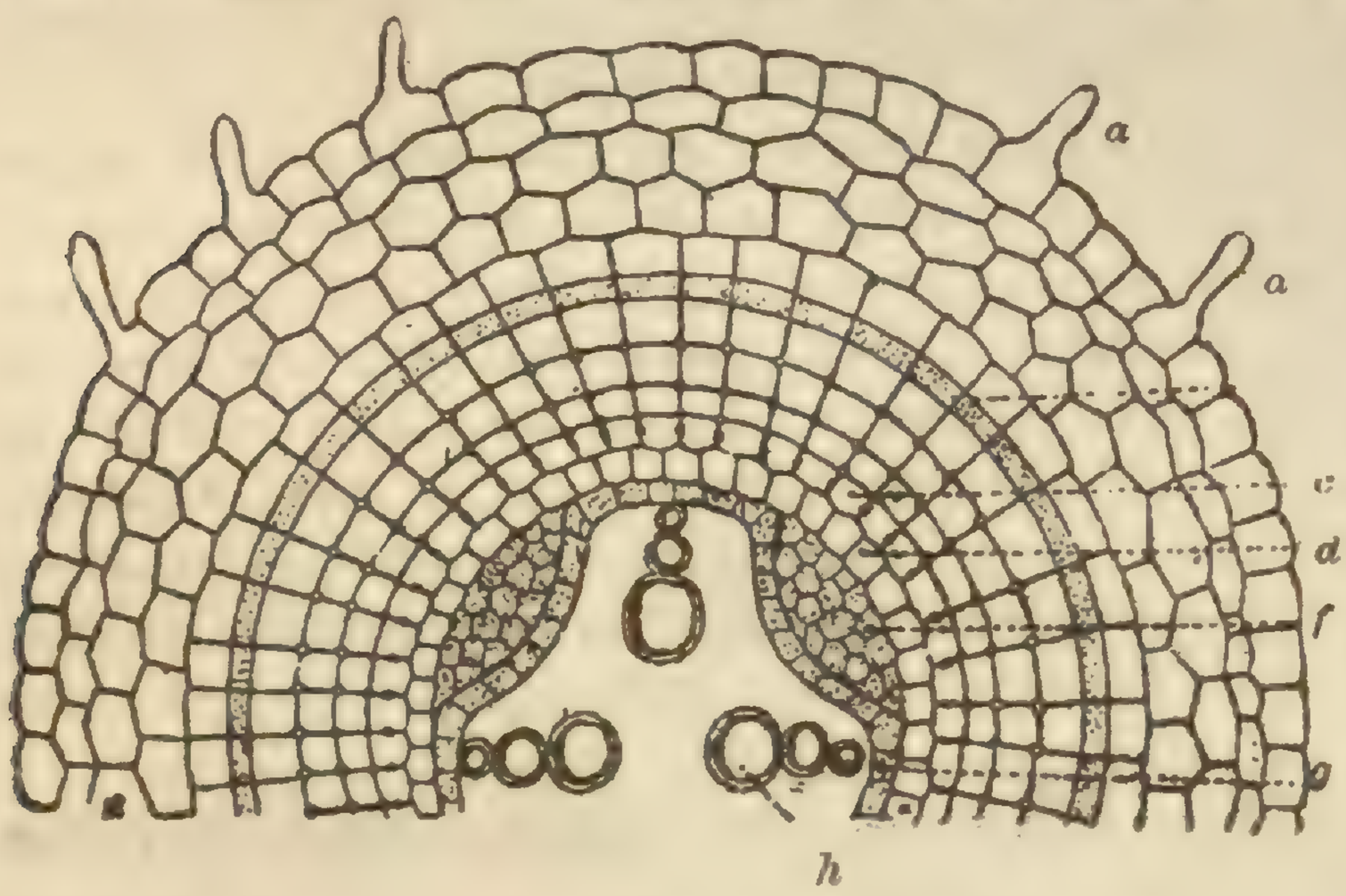


Fig. 56.—Situación de las capas generadoras secundarias de la raíz.
a—pelos radiculares.
b—zona generadora cortical ó felógeno.
c—endodermis.
d—periciclo.
f—líber.
g—capa generadora estélica, líbero-leñosa ó cambium.
h—leño—(Pizón).

Si practicamos un corte transversal en una raíz joven, á la altura de la zona pilífera, observaremos que en el órgano se encuentran dos partes perfectamente diferenciadas: la *corteza* y la *estela ó cilindro central* (Figuras 36, 37 y 38).

La corteza cuenta las siguientes capas, yendo de afuera hacia adentro: 1° la capa *pilífera*, 2° la capa *suberosa*, 3° el *parénquima cortical externo*, 4° el *parénquima cortical intsrno*, 5° la *endodermis*.

La capa pilífera, que como veremos más adelante tiene un origen distinto en las Dicotiledóneas, que en las Monocotiledóneas y Criptógamas vasculares, está constituida por una sola capa de células protoplasmáticas, de paredes celulósicas delgadas y que poseen la propiedad de alargarse más ó menos para constituir otros tantos pelos.

Los pelos radiculares están destinados á multiplicar la superficie de absorción, por lo que se esplica facilmente que, aunque la zona siempre exista, por lo menos en la raíces terrestres y acuáticas, los pelos no sean constantes. Su mayor ó menor abundancia está en relación directa con la necesidad de agua que posea la planta y en razón inversa de la cantidad de agua del medio; ó en otros términos, una planta que no consume mucha agua ó que la almacena en su proprio cuerpo, presentará la zona de absorción, pero sin desarrollo de pelos; y una planta que viva en el agua, tampoco formará esas emergencias. Es lo que pasa. en efecto, en la mayor parte de las plantas acuáticas.

La capa pilífera es como hemos visto, caduca; los pelos más inferiores son los más jóvenes; los más superiores se descaman y caen, siendo reemplazados por los nuevos.

Debajo de la zona de absorción se encuentra la capa suberosa, constituida comunmente por una sola hilera de células, de paredes más ó menos suberificadas; esta capa, que es sub-pilífera en la parte media de la raíz, es superficial más arriba en donde el órgano está desprovisto de zona de absorción. A expensas de esta capa suberosa y por tabicamientos tangenciales de sus células y diferenciaciones sucesivas se constituyen las diversas capas que forman el *velo* de las raíces aéreas.

La capa cortical externa, que ya hemos descripto, está formada por células poliédricas, que contienen á veces cloroleucitos, cuando forman parte de raíces iluminadas: aéreas y algunas acuáticas.

Las capas subsiguientes del parénquima cortical interno están en número variable y las células que las forman, de corte cuadrado, se encuentran colocadas en las filas radiales.

La endodermis, caracterizada por la suberificación de sus células, tiene á estos elementos en las mismas fllas radiales que las anteriores. Algunas raíces no suberifican las paredes de las células endodérmicas, constituyendo las endodermis difusas.

La estela, consta de los hacecillos fibro-vasculares y el tejido fundamental. Este último ocupa el centro, constituyendo la médula, de la que parten trayectos radiales, comunmente poco acentuados, que concluyen en la capa límite del cilindro central: el periciclo.

Todo el espacio libre está oeupado por los hacecillos liberianos y leñosos. Los primeros, constituídos por una cantidad variable de vasos cribosos, se presentan al corte como otras tantas semi-circunferencias con la parte más curva mirando al eje del órgano y la otra lindando con el

periciclo. Entre este manojo liberiano y el próximo leñoso se encuentra intercalado un radio medular. El hacecillo leñoso, á su vez, está formado por vasos ó tráqueas, de esculturas distintas y en el corte se presenta en forma más ó menos triangular, con el vértice dirigido hacia el eje de la raíz y la base aplicada contra el periciclo. Los vasos más internos, que han sido los primeros en formarse, constituyen el *protoxilema*, y el *metaxilema* los más exteriores.

En cuanto al periciclo ó zona rizógena no presenta más particularidad resaltante que la lignificación parcial de sus células, en algunos casos, y el estar formado, otras veces, por varias capas de células.

Esta descripción de la estructura primaria de la raíz es solo aplicable á su parte media; si practicamos un corte, no ya transversal, sino longitudinal, al nivel de la extremidad de uno de estos miembros en vías de crecimiento, podremos observar el punto ó zona de crecimiento del órgano y el modo como se hace la diferenciación sucesiva de las formas celulares.

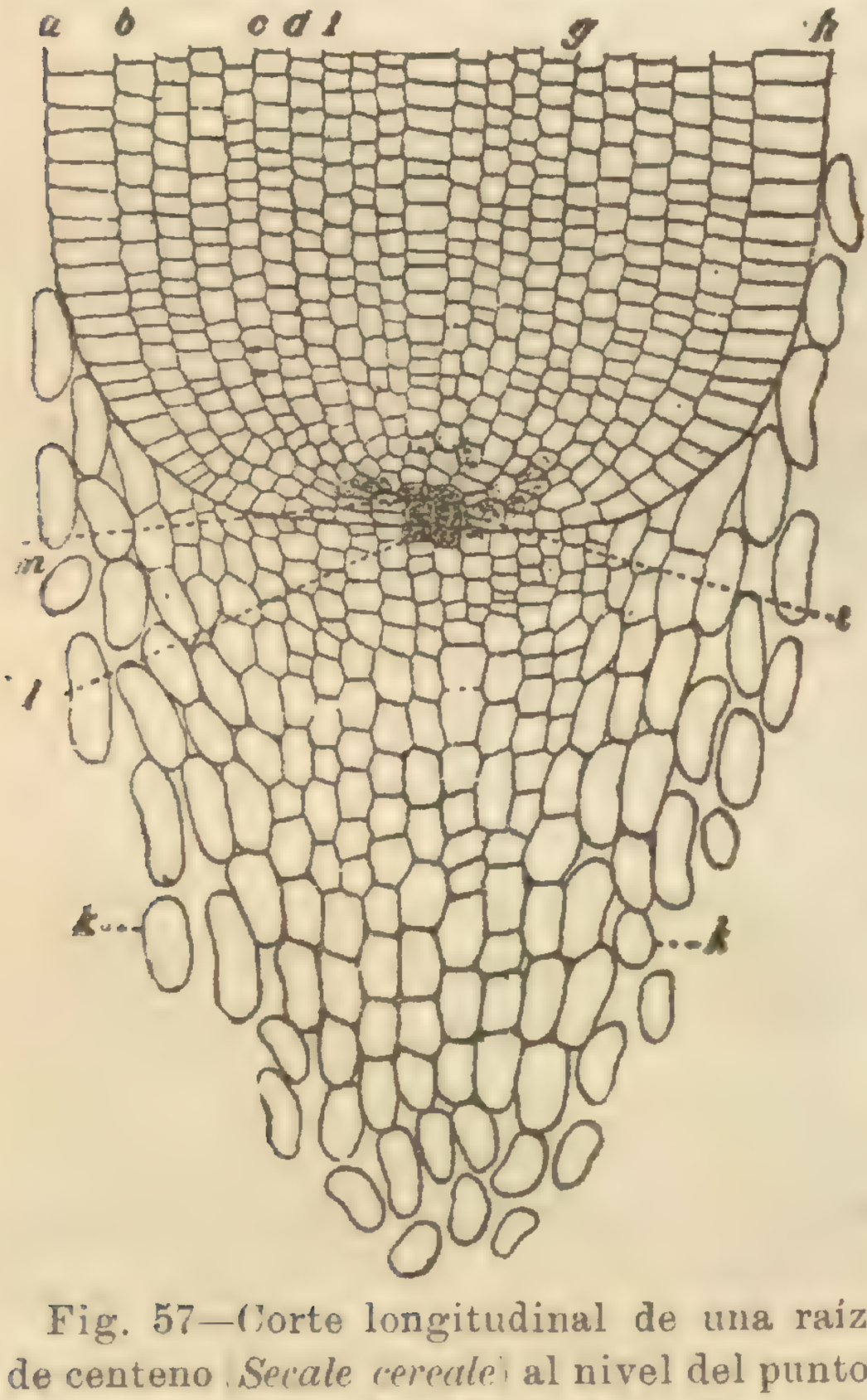


Fig. 57—Corte longitudinal de una raiz de centeno (*Secale cereale*) al nivel del punto vegetativo—*kk* cofia exfoliándose—*ll* sus células iniciales—*i* iniciales de la corteza—*m* del cilindro central—*ad*. futura corteza—*ab*. futura zona pilífera—*cd*. endodermis—*df*. periciclo—*fg*. futura estela. (Belzung).

Y aquí, hay ya que establecer distinciones, según que se trate de plantas Fanerógamas ó de Criptógamos vasculares: las primeras son llamadas *triacrorrizas* y las segundas *monoacrorrizas*, lo que quiere decir que la mayor parte de las Fanerógamas, disponen de tres células ó tres grupos de células, llamadas *iniciales*, que por sus tabicamientos sucesivos originan á todas las demás células de la raíz, y que la mayor parte de las Criptógamas vasculares (exceptúanse los géneros *Isoeetes* y *Licopodium*) solo poseen una célula inicial, encargada de la producción de todas las demás.

Decíamos, pues, que en las Fanerógamas se observan tres células ó tres agrupaciones de células, que se encuentran colocadas en tres hileras sucesivas y protegidas inmediatamente por la cofia. Esos tres grupos de células van á producir por sus tabicamientos sucesivos los diversos tejidos de la raíz. Las más inferiores se encargan de la producción del tejido de la cofia, de modo que su tabica-

miento se hace preferentemente hacia abajo. Supongamos que por una primera división de esas dos células, se formen en su cara inferior otras dos nuevas, pero que siguen dotadas del poder de dividirse, esas dos células volverán á dividirse por un tabique perpendicular al primero y constituirán otras cuatro, las que volverán á repetir la división en el mismo sentido, ó en otro, según el número de capas que alcance á tener la cofia y la altura á que llegue, protegiendo á la raíz.

Del mismo modo se comportan las células de la segunda fila, tabicándose por sus caras laterales y dando origen á todos los tejidos de la corteza.

Las de la tercera fila, por fin, se tabican en la dirección de sus caras superior y laterales y originan todos los tejidos del cilindro central.

La primera fila constituye el grupo *epidérmico* de iniciales, asimilando la cofia por ellas producida á una epidermis compuesta y por comparación con el tallo; la segunda fila se denomina, de las iniciales *corticales* y la tercera y superior está constituída por las células *estélicas*.

Los tabicamientos sucesivos de esas células producen otras nuevas, que contínuan siendo meristemáticas hasta cierta altura del órgano, variable con la especie, y en donde comienza la diferencia que poco más arriba es completa.

Las células provenientes de las iniciales estélicas, por lo menos una parte de ellas, tienen tendencia desde el principio á hacerse más alargadas: son las que van á constituir los vasos, los que se van diferenciando centripetamente, sin establecer diferencia entre el modo de origen de los cribosos y de las tráqueas.

En las Dicotiledóneas, con pocas excepciones, y en todas las Gimnospermas hay que hacer notar una particularidad en la diferenciación de los tejidos y que consiste en lo siguiente: en tanto que las Monocotiledóneas y Criptógamas vasculares exfolian por completo las diversas capas de su cofia, las Dicotiledóneas y Gimnospermas no lo hacen en total; sinó que dejan siempre la capa más profunda, que alejándose cada vez más del vértice ó punto de crecimiento, acaba por constituir la capa pilífera superficial. En estos vegetales, pues, la capa pilífera, la corteza y la estela tienen un origen distinto, proviniendo cada una de ellas de un grupo de iniciales. Ésta disposición, que como más adelante veremos es también la que se observa en el tallo, asimila por su origen, la cofia y zona pilífera de estas plantas á la epidermis del tallo.

En las Monocotiledóneas, Criptógamas vasculares y algunas familias del Dicotiledóneas (Ninfáceas) la piloriza se exfolia por completo á corta distancia de su origen, de lo que resulta que la zona pilífera viene á estar constituída por la capa más superficial de la corteza.

En las Criptógamas vasculares además de las excepciones ya mencionadas, no hay más que una sola célula inicial, comunmente de forma piramidal, de base triangular y curva y caras planas. La base por sus tabicamientos sucesivos se encarga de la producción de la cofia y las caras laterales por desdoblamientos y formación de tabiques en distintas direcciones se encargan de la producción de la corteza y de la estela.

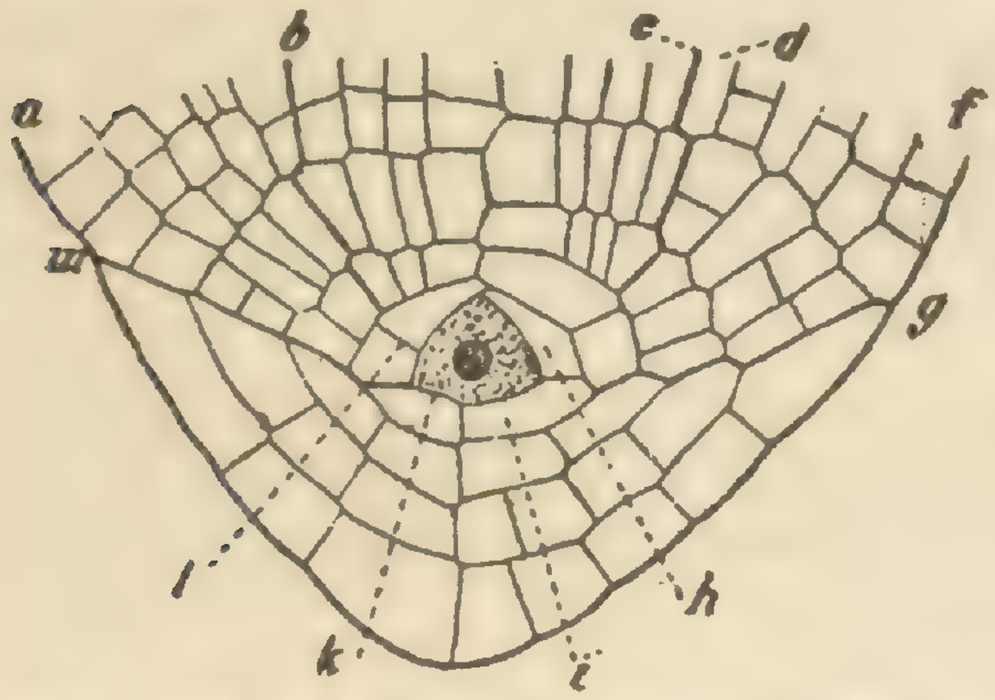


Fig. 58.—Corte de la extremidad de la raíz de un helecho (*Pteris hastata*)—*ab.* corteza—*bc.* futuro cilindro central—*f.* futura capa pilífera—*gm.* cofia—*i.* capa de células jóvenes desprendidas de *k*, célula inicial—*hl.* células provenientes de las caras laterales de *k*. Belzung).

Formaciones secundarias — En las Criptógamas vasculares y la mayor parte de las Monocotiledóneas, la estructura de la raíz que hemos estudiado es la única durante toda la vida de la planta; pero en las Gimnospermas y en la mayor parte de las Dicotiledóneas, á las formaciones primarias suceden formaciones secundarias, que se originan en la corteza y en la estela y á expensas de meristemas secundarios, cuyo origen y localización no son siempre los mismos.

En la estela—La capa generadora líbero-leñosa se forma en la raíz por la transformación de células parenquimáticas de diversas zonas, que corresponden siempre á la parte interna de los hacecillos liberianos y á la externa de los leñosos.

Cuando las formaciones secundarias van á comenzar, se observa la división de las células del periclo, por la formación de tabiques tangenciales; las células más internas de esa nueva formación y que se encuentran en contacto con un hacecillo leñoso, se transforman pues, en células meristemáticas.

Mientras pasa esto en el periclo, análogas transformaciones se observan en el arco celular parenquimático que limita por dentro al hacecillo liberiano; si á estas modificaciones se agregan otras iguales en el parénquima de los radios medulares primarios, se comprenderá como llega á formarse una capa generadora continua, que pasa por dentro del líber y por fuera del leño y se hace completamente cerrada por las modificaciones del parénquima de los radios medulares.

Esa capa generadora es al principio ondulada; podríamos decir que en el corte se nos presenta con una forma de estrella de tantas ramas, cuantos sean los hacecillos primarios; pero muy pronto la capa forma un anillo circular continuo, debido á que, una vez constituída, comienza á producir elementos liberianos y antes que se produzcan

elementos léñosos; lo que da por resultado que la curva entrante que formaba primitivamente el arco, frente al manojo liberiano primario, desaparezca, al mismo tiempo que rechaza ese liber hacia afuera.

Una vez constituido el arco completo, comienza á producir elementos nuevos en todo su contorno, interno y externo; hacia afuera, elementos del líber; hacia adentro, elementos del leño. De modo que al final del primer año de la vida de la planta se observará el leño primario ocupando el centro de la figura, en la misma disposición que primitivamente poseía; por fuera de él, el leño secundario; luego, la zona generadora libero-leñosa, el líber secundario y por fin el líber primario.

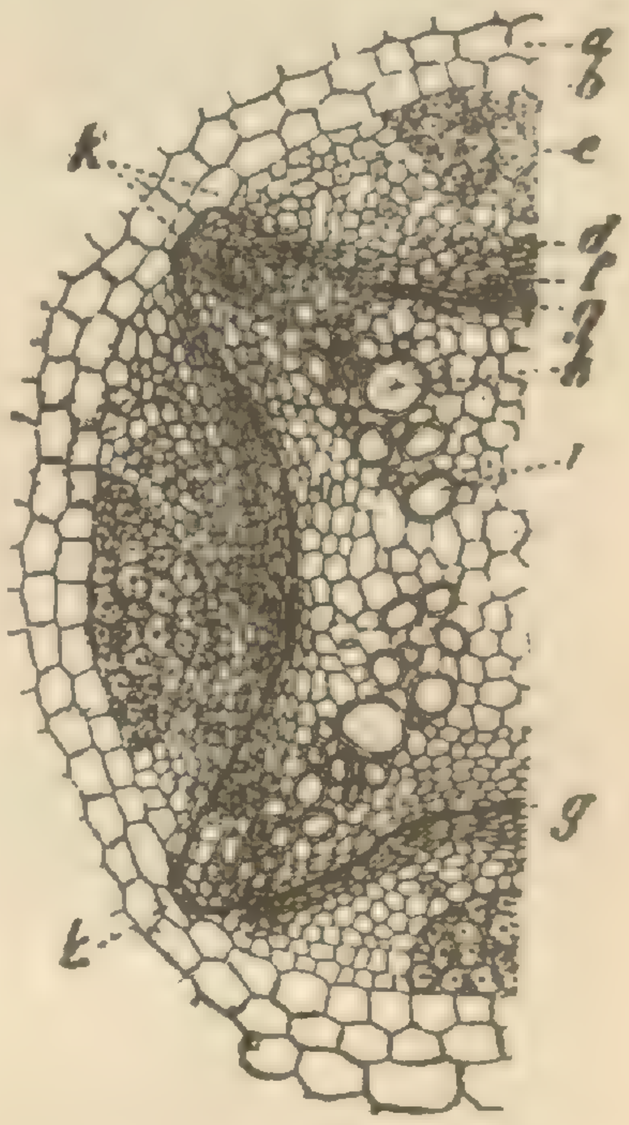


Fig. 59.—Principio de las formaciones secundarias en una raíz de haba (*Vicia faba*) - *a* endodermis - *b* periclo—*c* fibras — *f* líber primario — *f* meristema liberiano secundario—*g* capa generadora—*h i* proto y metaxilema—*k* parte del arco generador formado á expensas del periclo (Belzung).

Hemos dicho que este arco engendrador de tejidos produce los elementos líbero-leñosos en todo su contorno interno y externo, salvo en puntos limitados de su extensión, en donde produce células parenquimáticas que se llenan de sustancias de reserva y que constituyen los *radios medulares secundarios*. Estos radios se encuentran en número variable y sus células son alargadas en el sentido radial.

El líber secundario está esencialmente constituído por vasos cribosos, entremezclados con fibras y parénquima liberiano.

El leño está formado por tráqueas, entremezclada de fibras esclerificadas y parénquima leñoso, comunmente lleno de sustancias de reserva. Los vasos ó tráqueas pueden ser perfectos ó imperfectos y por sus esculturas, escaleriformes, punteados ó reticulados,

La capa generadora produce desde el principio de su desarrollo líber y leño secundario, que constituyen las formaciones secundarias de primavera, y al final del verano vuelve á hacerse activa y constituye nuevas formaciones secundarias, que completan las del año y reciben el nombre de formaciones de otoño. Durante todo el invierno y en las épocas de reposo de la vegetación, la capa generadora permanece inactiva, hasta la primavera siguiente en que vuelve nuevamente á recobrar su actividad y á generar producciones secundarias.

Estas formaciones secundarias intermitentes son exactas refiriéndose á las plantas de las zonas templadas y frías; en las plantas de países tropicales se observa, comunmente, las formaciones secundarias contínuas.

De un modo general puede establecerse la distinción entre los elementos formados en otoño y los formados en primevera, no solamente por la colocación relativa en el hacecillo, sino porque los elementos de otoño son comunmente más pequeños que los de primavera.

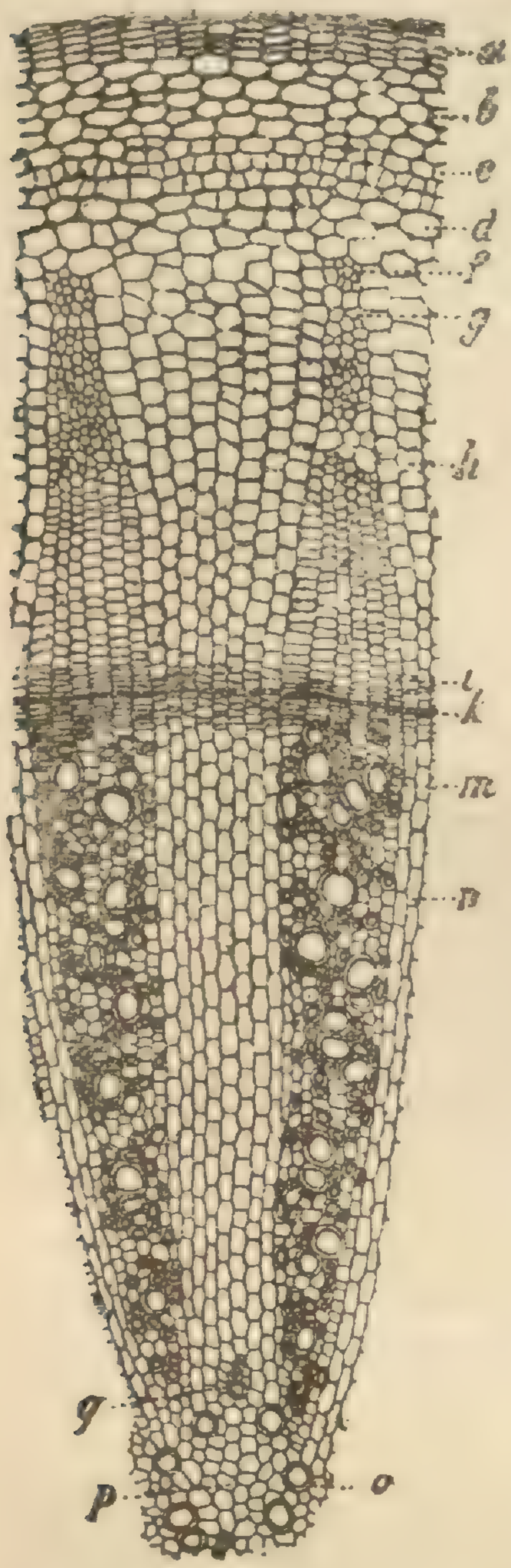


Fig. 60.—Corte transversal de una raíz de Compuesta (*Lappa major*) con formaciones secundarias: *a.* súber; *b.* corteza; *c.* endodermis; *d.* periciclo; *f.* líber primario; *g.* líber secundario; *h.* radios de parénquima del líber; *i.* meristema liberiano; *k.* capa generadora; *m.* leño secundario; *n.* radio medular secundario; *o.* metaxilema; *q.* protoxilema; *p.* médula (Hárail).

En la corteza. — Contemporáneamente con las formaciones secudarias que hemos descripto en la estela, se efectúan otras en la corteza, á expensas de otra zona generadora ó meristema secundario, que puede formarse en cualquiera de las capas de células dcsde la pilífera hasta el periciclo, pero más comunmente en esta última. Esta nueva capa generadora es la *peridérmica*, que por analogía con la que estudiaremos en el tallo, podríamos llamar *felógeno*. Esta capa trabaja en la misma forma que la del cilindro central, en el sentido de que produce nuevos tejidos hacia adentro y hacia afuera: hacia adentro, el parénquima llamado *felodermis* y hacia afuera, *suber*. Cuando la capa generadora se forma muy profundamente, al nivel del periciclo, por ejemplo, caso el más común la formación de un tejido impermeable como el suberoso da por resultado la muerte y descamación de todos los tejidos que se encuentran por fuera de él: se forma así el *ritidoma*, cuyo origen y modo de exfoliarse son iguales á los del tallo.

La capa generadora peridérmica elabora los nuevos elementos durante la primavera y el verano y permanece inactiva durante la estación fría. Puede producir nuevos elemen tos, contínuamente, mientras viva la planta, agregando nuevas capas de suber y de felodermis, año por año, á las que ya estaban constituídas; ó bien, como se observa en ciertos vegetales, cada capa de felógeno no trabaja más que un tiempo determinado y luego se forma otra, más profunda, que se comporta como la anterior y realiza la destrucción y caída de todos los tejidos que se encuentran por fuera del nuevo súber.

En algunas Monocotiledóneas (géneros: *Dracœna* y *Alitris*) se hacen también formaciones secundarias, pero por un mecanismo distinto al de las Dicotiledóneas y Gimnospernas y en cuya descripción no podemos entrar.

Lo mismo diremos respeto á las formaciones anómalas que se observan en las raíces de muchas dicotiledónaas, que no hacemos más que mencionar por no permitirnos su descripción los límites que nos hemos impuesto.

23. Ramificación y origen de las radículas.—Con excepción de las Licopodíneas, todas las raíces de las plantas vasculares se ramifican lateralmente, por los medios que enseguida estudiaremos. En la Licopodíneas la ramificación es dicotómica, por división del punto vegetativo en dos direcciones.

En la realidad la ramificación de las raíces de las Licopodíneas es una falsa dicotomía, que se esplica por la formación de una radícula lateral muy próxima à la extremidad de la principal.

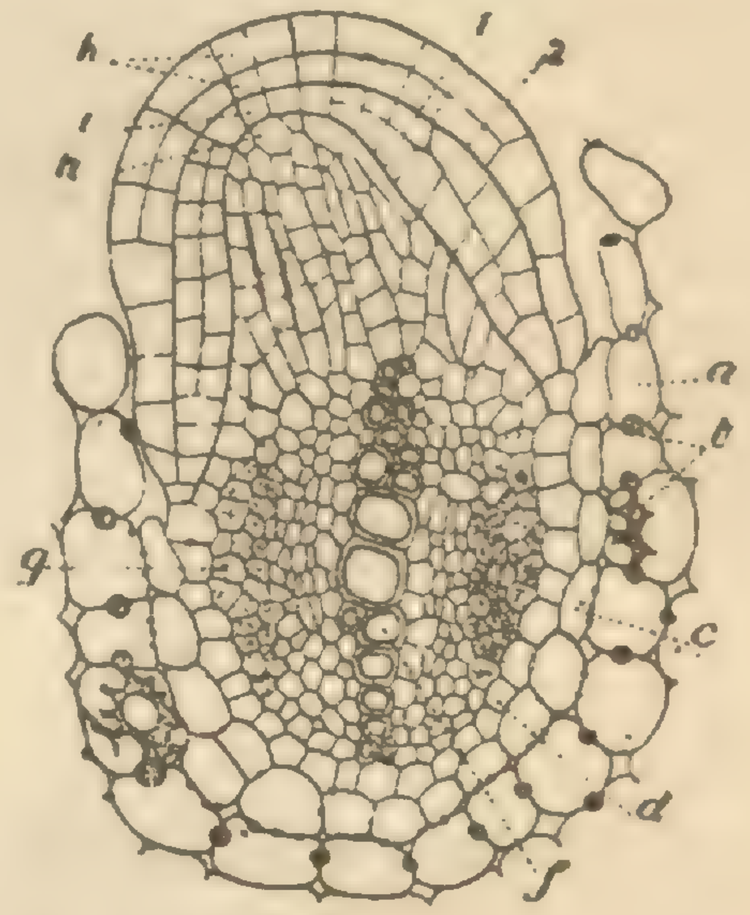


Fig. 61—Corte transversal de una raíz de mostaza blanca (*Sinapis alba*) al nivel del origen de una radícula—*a c*. capas endodérmicas; *b* espasamientos especiales de las endodermis de las Crucíferas; *d*. periciclo; *f*. los dos hacecillos leñosos que se tocan en el centro por sus extremidades (no hay propiamente médula); *g*. líber; *h*. iniciales de la cofia; *i*. de la corteza; *h*. de la estela. (Van Tieghem).

Las radículas se originan *endógenamente*, es decir, á expensas de capas profundas de la raíz; de modo que el órgano neo formado tiene que atravesar la mayor parte de los tejidos de la raíz principal para salir al exterior.

Las radículas se forman comunmente á expensas del periciclo de la raíz principal y justamente enfrente de cada hacecillo leñoso, hasta el extremo de que se formarán tantas radículas, cuantos hacecillos leñosos haya (raíces *isóticas*). Solo se exceptúan las plantas que poseen dos hacecillos leñosos, en cuyo caso, las radículas se originan por pares para cada hacecillo, comenzando, á formarse, no ya, frente al manojo leñoso, sino frente á los rádios medulares intermediarios (raíces *diplósticas*). Sin embargo, se exceptúan á su vez la Felicíneas, que á pesar de tener dos hacecillos leñosos, no originan más que dos hileras de radículas, que se constituyen, como lo hemos indicado, frente á cada manojo leñoso.

El mecanismo de la formación de radículas á expensas del periciclo se efectúa así: cuando una raíz va á ramificarse, se observa un cambio en el grupo de células del periciclo que se encuentran opuestas al hacecillo leñoso.

Ese cambio consiste primeramente en una modificación del protoplasma de de dichas células, que se hace más granuloso. Pueden tomar parte en estas modificaciones de 2 á 10 células del periciclo. Inmediatamente después, las células de protoplasma granuloso se dividen tangencialmente; si han sido seis las células que primitivamente se modificaron, se formarán pues, doce, en dos hileras. De las seis células más externas, tres, por ejemplo, vuelven á tabicarse en el mismo sentido y tenemos así constituido el *arco rizógeno*, formado por dos hileras de células en las extremidades y por tres en el centro. Cada célula central de las respectivas hileras, queda eregida desde ese momento, en una célula inicial y así tendremos las tres células ó grupos de células superpuestas, que son las engendradoras de tejidos en todas las raíces de Fanerogamas; y en efecto, á partir de ahí cada una de ellas se comporta de la misma manera que lo hacen las iniciales de la raíz principal, lo que quiere decir que por sucesivos tabicamientos, ora tangenciales, ora radiales, van aumentando poco á poco el número de elementos celulares, que á cierta distancia comienzan á diferenciarse. De la inicial más externa se originará la cofia y en algunos casos la capa pilífera, de la media los tejidos de la corteza y de la más interna el cilindro central.

Entretanto la nueva radícula ha crecido y ha encontrado á su paso á las células de la endodermis; estas se dejan distender, pero no sin reaccionar, tabicándose á su vez, de modo á formar una especie de bolsa ó bonete (la *poche* de Van Tieghm), que, directamente aplicada á la cofia de la radícula, la proteje durante su camino á través de la corteza de la raíz principal y más aún, le presta un gran servicio, abriéndole camino, para lo cual segregan esas células, probablemente, fermentos diastásicos que actuando sobre las membranas de las células parenquimáticas, que á su paso hallan, las disuelven y permiten su reabsorción y aprovechamiento de sus sustancias por la radícula, en vía de crecimiento.

La bolsa ó bonete digestivo, así llamado por su acción disolvente sobre las demás células, acompaña á la radícula hasta que esta llega á la superficie de la raíz madre, esfoliándose entonces y dejando á la vista la cofia del nuevo órgano.

Este modo de originarse las raíces secundarias á expensas del periciclo es bastante general en todas las Fanerógamas, con algunas excepciones, en cuya descripción no podemos entrar.

En las Criptógramas vasculares el mecanismo de la ramificación es análogo, con la única diferencia que la capa rizógena no se constituye á expensas del periciclo, sino de la endodermis. Si se hace una bolsa digestiva, esta se constituye con la hilera de celulas corticales más próxima. Otra excepción que se observa en las Criptógamas vasculares, deriva

de lo que hemos dicho respecto á la única inicial que poseen, y en efecto, la diferenciación de células no se hace en tres superpuestas, sino en una sola.

Las radículas neo-formadas en cualquiera de los casos anteriores, poseen siempre un número igual ó inferior de hacecillos líbero-leñosos que los que posee la raíz madre.

Cuando el crecimiento y diferenciación de los tejidos de la nueva raíz han llegado á cierta altura, se efectúa la unión de los hacecillos de esa nueva raíz con los de la raíz madre; haciéndose una soldadura homogénea: vasos cribosos con vasos cribosos, tráqueas, con tráqueas, etc.

En cuanto á las raíces adventicias que se originan en algunos tallos, se forman de un modo idéntico al que hemos descripto para las raíces laterales y á expensas también de las células del periciclo, al que hemos llamado, por eso, y aún el tallo, zona rizógena.

Con una especie de desviación en la formación de raíces secundarias, suelen algunas raíces originar yemas caulinarias, de un modo análogo al que hemos descripto para la ramificación y á expensas siempre del periciclo.

24. Fisiología del crecimiento.—Varias veces hemos dicho que la raíz posee un crecimiento sub-terminal: veamos lo que esto significa. Tomemos una raicilla en vías de desarrollo, y, con tinta ó barniz tracemos, á contar de la extremidad, rayas, que se encuentren á un centímetro de distancia una de otra y dividamos el primer centímetro en milímetros. He aquí lo que se observa: la raicilla continúa en su crecimiento y después de un espacio de tiempo que es variable, veremos que solo el primer centímetro es el que ha crecido, lo que se pone bien de manifiesto por el alejamiento que se ha efectuado entre la punta la raíz y la raya que indicaba donde concluía el primer centímetro. Pero como hemos dividido el primer centímetro en milímetros, podemos sacar mayor provecho del experimento, y en efecto, observaremos que el crecimiento se ha efectuado, sobre todo, á expensas del tercer milímetro, algo menos á expensas del segundo y del cuarto y menos aún en los siguientes, en los que es poco apreciable ó nula la separación de las líneas trazadas. La interpretación de todo ésto es sencilla: la mayor separación de las líneas entre el segundo y el tercer milímetro se explica porque es á ese nivel donde se encuentran las células iniciales, y á partir de ellas y hacia arriba hay aún algunos milímetros de tejido meristemático ó de división, hasta llegar á una zona de tejidos definitivos en los que ya no hay crecimiento. La falta de crecimiento en el primer milímetro se explica por

estar ocupado por la cofia, que tiene sensiblemente la misma altura; porque si bien se forman continuamente en su parte más profunda nuevas células, otras tantas se pierden por descamación de sus capas superficiales.

Este experimento, fácil de repetir y que generalmente se practica con semillas de *arvejas* (*Pisum sativum*) en germinación, es aplicable en casi todos sus términos, á la mayor parte de las raíces, variando en pequeñas proporciones las zonas de crecimiento; pudiendo decírse, en general, que esa zona es mayor en las raíces aéreas que en las terrestres.

El crecimiento de todas las caras ó generatrices del órgano, considerándolo cónico, no se hace en la misma línea, ó en otros términos: si consideráramos una radícula en vías de crecimiento y fijáramos un punto en su zona de crecimiento, al cabo de un tiempo determinado, ese punto se habría desviado hacia la derecha ó hacia la izquierda; en una palabra: la raíz crece describiendo una hélice ó á la manera como están dispuestas las vueltas de un tirabuzón: es lo que se llama *circumnutación*, y una de las razones que explican el poder de penetración de estos órganos en el sentido vertical.

ACCIÓN DE LA GRAVEDAD.—La gravedad obra muy intensamente sobre el crecimiento de la raíz. En una raíz vertical esta fuerza obra por igual sobre la célula ó células iniciales; pero si se coloca á la raíz horizontalmente, ó aún oblicua, se observa la desviación más ó menos inmediata de la dirección primitiva del órgano, que tiene gran tendencia á dirigirse en sentido vertical. En la raíz horizontal se explica el fenómeno porque la gravedad actúa desigualmente sobre las caras del miembro: más intensamente sobre la inferior que sobre la superior, lo que da por resultado un máximo de crecimiento sobre esta última cara y la desviación correspondiente. De un modo general, puede pues decirse, que la gravedad disminuye el crecimiento.

Esta sensibilidad de la raíz á la acción de la gravedad se denomina *geotactismo* y la acción por la que exterioriza esa sensibilidad *geotropismo*) en este caso *geotropismo positivo*, porque la raíz toma la dirección de la gravedad, aproximándose al centro de la tierra, y en oposición á lo que observaremos en el tallo, que posee un geotropismo negativo.

La manifiesta acción de esta fuerza en el crecimiento de la raíz, puede demostrarse valiéndose de un artificio, por medio del cual se anule la acción de la gravedad.

Se demuestra con el experimento conocido con el nombre de la rueda de *Knight*, ó con aparatos más complicados como el *clinostato* de *Wiesner*, en cuya descripción no podemos entrar.

Si se coloca en la periferia de una rueda de eje horizantal una plantita en vías de crecimiento, teniendo cuidado de que su raíz esté colocada horizontal ú oblicuamente, y se la deja crecer librémente, teniendo fijo el aparato, el geotropismo originará la desviación de la dirección primitiva y la raíz se hará vertical; pero si cuando comenzamos el experimento hacemos girar á la rueda con un movimiento suave: un cuarto de hora para una vuelta completa, las dlversas caras de la raíz vendrán á quedar sometidas. sucesivamente, á la misma intensidad de gravedad; anulando así la acción de esta fuerza, observaremos que la raíz seguirá creciendo en la misma dirección que al principio le imprimimos. Lo mismo sucedería si hubieramos colocado á la raíz, primitivamente, en dirección vertical hacia arriba.

La acción de la gravedad puede también neutralizarse por la intervencion de otra fuerza, como sería la centrífuga; para demostrar lo cual, basta hacer girar á la rueda con mayor velocidad; observándose en tal caso que la raíz sigue creciendo en la dirección de la fuerza centrífuga, ó sea, en la de la prolongación del radio de la rueda y aun violentando la acción de la gravedad.

Puede variarse el experimento tratando de equilibrar la acción geotrópica positiva con la de la misma fuerza centrífuga; lo que conseguiríamos colocando á la rueda horizontalmente y á la raíz en observación paralela á su superficie; si hacemos entonces describir á la rueda un cierto número de vueltas, la acción de la fuerza centrífuga contrabalanceará á la de gravedad y la raíz tomará la dirección de la resultante de ambas fuerzas, ó sea, la de la bisectriz del ángulo formado por la horizontal de la fuerza centrífuga y la vertical de la gravedad.

El geotropismo positivo de la raíz es tan acentuado, que si encuentra en su camino vertical un obstáculo insalvable, se desvía hasta evitarlo y vuelve ota vez á recobrar su dirección primitiva.

Si colocamos á la raíz verticalmente, pero en dirección opuesta á la normal, la acción de la gravedad se efectúa también por igual en todas sus caras, y en efecto, en esas condiciones es capaz de continuar por un pequeño espacio su crecimiento hacia arriba; pero la más mínima desviación en la vertical, la que puede fácilmente efectuarse por la circunmutación que hemos indicado, hará actuar desigualmente á la gravedad y la dirección de la raíz cambiará por completo, haciéndose vertical hacia abajo, después de haber descripto una curva por el mayor crecimiento de su cara superior.

La acción de la gravedad actuando sobre la raíz principal, permite que este órgano penetre muy pnofundamente en el suelo y asegure así

una gran estabilidad al vegetal. Esa acción no se ejerce más que sobre la raíz principal; sobre las de segundo orden no es tan obsoluta, aunque todas salen de la raíz según un ángulo determinado y fijo para cada especie; sobre las ramificaciones siguientes la acción es más débil ó nula, tomando las raíces más alejadas una dirección cualquiera.

Si se destruye el punto vegetativo de la raíz principal, las sustancias nutritivas afluyen en mayor abundancia á la radícula más próxima y entonces, junto con el mayor crecimiento, se somete esta, al geotropismo positivo, colocándose en la dirección que ocupaba la raíz principal.

Acción de la luz—Es poco sensible la acción de la luz sobre el crecimiento de las raíces. Sobre el de las terrestres casi nulo y tiene alguna influencia sobre el de algunas aéreas; cuando la luz obra parcialmente sobre una de las caras, la raíz *huye* de la dirección de la luz, es, como puede decirse, *fototrópicamente negativa*, otro carácter que la distingue del tallo que es fototrópicamente positivo.

Acción de la humedad—La mayor ó menor cantidad de agua tiene una marcada acción sobre el crecimiento de este órgano; pero hay que distinguir cuando se trata de la humedad que acctúa por igual sobre todo el órgano, en cuyo caso la acción es pequeña y cuando obra sobre una de las caras solamente, en euyo caso se acelera el crecimiento en la cara más próxima al agua y con tal intensidad, que llega á vencer el geotropismo positivo, que como hemos visto obra tan enérgicamente.

Se demuestra la acción aceleradora de la humedad haciendo crecer una raicilla, horizontalmente sobre una superficie de agua, en cuyo caso la cara inferior, en contacto con el líquido, crece con mucha mayor rapidez y la raicilla describe una curva hacia arriba, violentando la acción de la gravedad. En cuanto llega á colocarse próxima á la vertical desaparece la desigualdad en el reparto de la humedad y el geotropismo positivo recupera su imperio atrayendo nuevamente al órgano hacia abajo hasta volver á colocarlo en la situación primitiva y volver, por consiguiente, á describir una curva hacia arriba. El resultado final será el de que la radícula describirá una línea ondulada, con tantas curvas cuantas veces toque la superficie del líquido.

Otro experimento clásico, que demuestra la acción de la humedad sobre el crecimiento de este órgano, es el del *cesto inclinado*, cuya interpretación explica el modo como puede actuar la humedad sobre el crecimiento, porque, aparentemente, está en contradición con

lo que acabamos de establecer, respecto á la aceleración del crecimiento en la cara más húmeda.

El experimento se realiza así: (fig. 62), se coloca un cesto ó tamíz inclinado, formando un ángulo de 45°; en su interior se pone aserrín ó musgo húmedo y se siembra en ese medio una semilla, de arveja, por ejemplo. Cuando la germinación sobreviene la radícula se desarrolla y obedeciendo á la acción de la gravedad, crece en dirección de la vertical, hasta llegar á uno de los intersticios del cesto ó tamíz por cuyo intersticio sale al exterior; pero una vez que sale, sus caras quedan desigualmente influenciadas por la humedad, debido á la inclinación del aparato, entonces la cara más alejada del fondo del canasto crece más velozmente porque puede transpirar mejor y hacia esa cara afluyen las sustancias nutritivas; en resumen, la radícula se convierte hacia arriba y penetra nuevamente en el cesto por otro intersticio; pero una vez que ha penetrado, sus caras quedan humedecidas por igual y la gravedad recupera su imperio, volviendo nuevamente á escapar por otro intersticio y repitiéndose, por consiguente el primer caso. Como se ve la contradición entre los dos experimentos es solo aparente y ellos demuestran la influencia distinta de la humedad, segun otro grado; pero ambos demuestran también, que cualquiera que ella sea, es bastante poderosa como para triunfar del geotropismo positivo.

Fig. 62.— Experimento que demuestra la influencia de la humedad sobre el crecimiento de la raíz.

Influyen también sobre el crecimiento de la raíz la acción de la temperatura. Hay para cada raíz un *máximum*, un *mínimun* y un *optimum* de temperatura, ó sea un término medio, bajo el cual la raíz crece con mayor rapidez y un grado máximo y otro mínimo por arriba y debajo de los cuales el órgano cesa en su crecimiento.

Bajo este punto de vista la raíz es *termotrópicamente* positiva y esta influencia es más acentuada sobre las raíces secundarias que sobre la principal. Muchas de las curvas que describen estos órganos, durante su crecimiento, las deben en gran parte á la acción de tem- temperaturas diferentes que obran sobre distintas caras.

Finalmente, el contacto de los cuerpos duros retarda el crecimiento

de este órgano; acelerándose considerablemente el de la cara que no sufre la presión y dando por resultado que la raíz se aplique fuertemente contra el cuerpo estraño.

Como no hemos de volver á ocuparnos de la raíz como organo de sostén dejaremos aquí consignado que todo lo que hemos estudiado respecto al crecimiento de este órgano nos permite explicarnos la íntima adhesión, si podemos así expresarnos, que se establece entre la raíz y el suelo, debida á la acción positiva de la gravedad, al modo de crecimiento en espiral ó tirabuzón, al ángulo que forman las radículas y que, como en otro lugar dijimos, obran á la manera de los cordages de los mástiles de los buques y á lo que debemos agregar el *acortamiento* que se produce en las zonas medias de la raíz adulta, que dá por resultado el enterramiento del tallo y la producción de nuevas raices laterales por encima del cuello del vegetal.

Todas estas condiciones se encuentran más desarrolladas en las Dicotiledóneas y Gimnospermas, sobretodo en lo referente á la forma de las raíces típicas, lo que asegura muyor estabilidad á estas plantas que á las Monocotiledóneas y Criptógamas vasculares.

CAPÍTULO VI.

EL TALLO

25.—Definición y divisiones. — El tallo y sus ramificaciones constituyen los ejes del vegetal destinados á sostener las hojas y por consiguiente las flores y los frutos.

Los tallos pueden ser aéreos y sub-terráneos; los primeros son, *tallos propiamente dichos*, *troncos*, *cañas y estípites*.

Los tallos propiamente dichos son los propios de las plantas que tienen tejido fibro-vascular muy escaso.

Los troncos son los tallos de los vegetales arbóreos. Las cañas son tallos cilíndricos, poco ó nada ramificados y característicos de la familia de las *Graminaceas*.

Caracteres parecidos tienen los estípites que son propios de las *Palmáceas*.

Los tallos sub-terráneos son comprendidos dentro de la denominación general de *rizomas*.

Las plantas pueden tener un tallo aéreo que se continúe con un rizoma sub-terráneo, ó bien, únicamente aéreo, y excepcionalmente, solo sub-terráneo.

Los tallos son órganos que se encuentran ~~uno~~ solo en las plantas vasculares, sino también en muchas celulares (Muscíneas y Algas, sobre todo Florídeas).

26. — Caracteres generales. — LIMITES DEL TALLO — El tallo está limitado inferiormente por lo que se llama el *cuello* del vegetal, ó sea, la zona que separa á este órgano de la raíz; región que macroscópicamente es poco diferenciada, pero que lo es considerablemente del punto de vista de la estructura. Por la parte superior es difícil asignar un límite á este órgano; no se puede decir con seguridad donde concluye el tallo y comienza la hoja. Más aún, para algunos autores la hoja no es más que una ramificación del tallo.

A esta órgano se le ha denominado también *cauloma*. El tallo no está representado en el embrión de las plantas superiores más que por el *eje ó miembro hipocótile*, que constituye después el cuello de la planta. El eje hipocótile, más ó menos acentuado según las especies, es la parte del embrión que continúa inmediatamente á la raíz, que queda comunmente supraterráneo durante la germinación y que se encuentra colocado por debajo de él ó de los cotiledones.

NUDOS Y ENTRENUDOS.—Si observamos un tallo desprovisto de sus hojas reconoceremos la existencia de partes más ó menos abultadas, colocadas con bastante regularidad y tanto más próximas entre sí cuanto más nos acercamos al vértice del miembro: son los *nudos* ó puntos de inserción de las hojas. Esos abultamiensos son más ó menos señalados según la naturaleza de las hojas y según que al caer estos órganos dejan una *cicatriz* más ó menos visible. Es una de las características de las *cañas*, la de poseer nudos muy marcados, que los deben á sus hojas envainadoras, que rodean por completo el tallo en su zona de inserción. Los nudos no están siempre señalados por la existencia de una cicatriz: hay tallos que como los de algunas Palmáceas conservan adheridas á él las bases de las hojas.

Ahora bien, los espacios compreudidos entre nudo y nudo se denominan *entrenudos* ó *artículos* ó *meritallos*.

Los entrenudos son tanto más cortos cuanto más próxima se hace la inserción de la hoja; llegando á veces hasta el extremo de ser tan cortos que los nudos se tocan, como se observa en las yemas en vías de desarrollo.

YEMA TERMINAL — YEMAS AXILARES — Otro de los caracteres más salientes del tallo consiste en la existencia de partes más ó menos prominentes denominadas *yemas* ó *brotes*, de las que hay siempre una terminal, también denominada *cono vegetativo*, como que es á su nivel que se originan los diversos tejidos del tallo; desempeñando á este respecto las mismas funciones que el punto vegetativo sub-terminal de la raíz. Las yemas al desarrollarse van originando nuevas hojas, al mismo tiempo que alargan el tallo. El tejido meristemático delicado que forma la mayor parte de su masa se encuentra protegido por los rudi-

mentos de las futuras hojas que se disponen de tal manera que forman un verdadero techo abovedado.

Algunas veces esa protección del meristema terminal está á cargo de escamas especiales, caducas, muy cuticulizadas ó suberificadas y que reciben comunmente el nombre de *pérulas.*

La misma disposición que observamos en las yemas terminales, encontramos también en las laterales, las que son normalmente *axilares*, en el sentido de que se originan en el ángulo formado entre la hoja y el tallo, y sus rudimentos se pueden observar desde los primeros tiempos del desarrollo de la hoja.

Las yemas laterales que no se encuentran en la axila de las hojas se denominan extra-axilares; pueden considerarse como tales las yemas *intra-peciolares*, las *adventicias*, y hasta cierto punto las *dormidas.*

Las yemas intra-peciolares se desarrollan dentro de una cavidad formada por la base del peciolo de la hoja vieja, ó bien en una pequeña cámara abierta solo por un lado y formada á expensas de la base del mismo peciolo. Nos sirven de ejemplos de estas, muchos *rosales*, y de yemas francamente intrapeciolares las de los *plátanos* (*Platanus*), que se desarrollan en una cavidad en forma de apagaluces, que se forma en la base del peciolo.

Las yemas adventicias se forman en puntos que no son los normales, pudiendo ser sobre el mismo tallo y á expensas de sus tejidos más superficiales ó bien sobre las hojas (*Briophyllum*, *Begonia*, etc.) ó sobre las raíces. En este caso las yemas son endógenas.

Las yemas dormidas son las que, normales ó axilares en su origen han quedado sin desarrollarse y contenidas en los tejidos del órgano, hasta que en un momento dado y no determinable se desarrollan y pueden producir nuevas ramas en partes viejas del tallo.

Cuando la yema terminal de un tallo es destruida, natural ó artificialmente, una de las yemas laterales más próxima ocupa el lugar dejado por la terminal y la reemplaza, de modo que la rama por ella producida sigue la dirección primitiva del eje.

Las yemas están destinadas á la producción de ramas, que llevarán flores ú hojas, ó ambas á la vez: de ahí, que se las divida en yemas *florales*, *foliáceas* y *mixtas.* En algunas plantas es posible distinguir, desde su origen, una yema floral de una foliácea: aquellas son comunmente más abultadas.

FORMAS DEL TALLO. — Los tallos son generalmente más ó menos cónicos ó cilíndricos, variando esa disposicción según la rapidez del crecimiento y el modo de efectuarse éste; solo en longitud como en las

Monocotíledóneas y en longitud y ancho como en las Dicotiledóneas y Gimnospermas. Por la formación anómala de tejidos ó por otras diversas causas, pueden las formas caulinarias cambiarse hasta hacerse más ó menos prismáticas ó irregulares. En algunos vegetales, como en las *Cactáceas*, á las que pertenecen nuestras vulgares *tunas*, los tallos pueden ser más ó menos aplanados ó en forma de raqueta, prismáticos de varias caras y hasta esferoidales.

Fig. 63.—Tallos aplanados y carnosos de una (*Opuntia monacantha*). Las hojas están reemplazadas por espinas. Las ramas ostentan también flor y frutos.

Dimensiones.—Son muy variadas. Respecto á la longitud encontraremos las más pequeñas entre las Muscíneas, que nos permiten observar tallos de algunos milímetros; en las Fanerógamas hay también tallos muy cortos, sobre todo en las mal llamadas *acaules* (sin tallo) que se caracterizan por sus entrenudos sumamente cortos. Los tallos más largos se observan en plantas tropicales y subtropicales. Como tallos erguidos que alcanzan á gran altura se mencionan comunmente los de algunas *Palmáceas* del Brasil que pasan de los 60 metros; los de la *Sequoia gigantea* ó *Wellingtonia californiana*, conífera de California que llega á tener hasta 130 metros de altura y, finalmente, los de algunos *eucaliptus* de Australia que alcanzan hasta los 150 metros. Generalmente el diámetro ó espesor del tallo está en proporcion directa de la longitud; así, en las Sequoias, ya citadas, el diámetro llega á ser de 12 metros y aún más; pero en las Palmáceas que no poseen engrosamiento cambial, el tallo es relativamente delgado aunque alcance á grandes alturas.

Encontraremos ejemplos de longitudes mayores del tallo en plantas trepadoras ó lianas, las que no teniendo que mantenerse erguidas pueden alcanzar grandes longitudes con espesores pequeños. Se citan algunas Palmáceas del género *Calamus*, únicas de la familia que tienen porte de lianas y que con espesores en sus tallos, de algunos centímetros solamente, pueden alcanzar y pasar de los 300 metros de longitud. Aceptando como tallos. los de algunas Algas, encontraremos también en los *sargazos*, tallos que llegan á tener muchos cientos de metros de longitud.

Consistencia.—Está de acuerdo con la mayor ó menor cantidad de tejido líbero-leñoso. Los tallos propiamente dichos, también llamados herbáceos, y que comunmente son en su superficie de color verde, poseen

muy poco tejido fibro-vascular. Los troncos por el contrario, que ostentan generalmente un color más ó menos parduzco, debido al suber que los reviste, son llamados leñosos porque en ellos predomina el tejido fibro-vascular. Hay, por fin, tallos sub leñosos, que tienen una consistencia intermediaria entre las de los anteriores.

Duración.—La duración del tallo varía entre un año y muchos años. La mayor ó menor duración de la vida de este órgano determina generalmente la mayor ó menor duración de la vida de toda la planta.

A este respecto los tallos pueden ser anuales, bi-anuales y perennes; siendo más lógico dividirlos como lo hace Van Tieghem en *monocárpicos* y *policárpicos*, según que mueran después de la primera fructificación, ó fructifiquen muchas veces. Los policárpicos son los perennes; pero los monocárpicos también pueden serlo porque algunas plantas no fructifican sino después de haber vivido muchos años.

Lo mismo que hemos visto para la longitud, hay en Botánica ejemplos clásicos de tallos de larga vida, de los que solo mencionaremos algunos:

Ocho *olivos* (*Olea europea*) del jardin de los Olivos en Jerusalem tienen seguramente más de 1000 años de existencia, dándoles la tradición mucha más edad, puesto que los supone coetáneos de Jesu Cristo. En un *roble*. (*Quercus robur*), que tuvo oportunidad de observar De Candolle en 1824, este eminente botánico pudo calcular su edad en 1500 años. En fin Adanson pudo observar en las islas de Cabo-Verde algunos *baobabs*, (*Adansonia digitata*), que seguramente tenían alrededor de 6000 años de edad, y entre las Monocotiledóneas se menciona como arbol de gran desarrollo y de provecta edad el *drago* (*Dracæna draco*) que como el que se encontraba en la isla de Tenerife, poseía alrededor de 8000 años.

El crecimiento y duración del tallo no es indefinido, debido á varias causas, entre las que se cuentan: la temperatura desfavorable á que alcanzan elevándose á grandes alturas en la atmósfera y la dificultad de la llegada de la savia hasta tan grandes alturas, tratándose de plantas viejas en las que la mayor parte de los vasos están obstruídos. El tejido vegetativo que corona al tallo se encuentra así en condiciones desfavorables, á las que no puede resistir. Los tallos que hemos citado como ejemplos de longevidad han llegado á su máximum de crecimiento y se mantienen vivos por sus ramas.

Dirección.—El tallo crece en sentido contrario al de la raíz y por consecuencia perpendicular al suelo; es esa la dirección normal para el tallo principal.

En cuanto á los ejes secundarios ó ramas, crecen en direcciones oblicuas, determinadas para cada especie: por lo menos para las ramas de segundo órden. Sin embargo, á veces intervienen circunstancias especiales que hacen variar la dirección de estos órganos: tales son las que se deben

á la desproporción entre la longitud del tallo y los tejidos de sostén que posea; ó bien á la misma escasez de tejidos de sostén y á la existencia de grandes frutos. Ejemplos del primer caso nos suministran los *saucos* llamados *llorones* (*Salix Babilonica*), que tienen sus ramas pendientes por la desproporción que existe entre la longitud y el espesor. Así como los de las plantas rastreras, ó el caso especial de los *estolones*, órganos de propagación que se originan á expensas de yemas axilares en las *Violetas*, (*Viola odorata*), *fresas*, (*Fragaria vesca*), etc., y que transcurren horizontalmente sobre el suelo. Las *Cucurbitáceas* nos suministran ejemplos de tallos rastreros y por consiguiente horizontales, que deben esa dirección no solamente á la desproporción entre la longitud y el diámetro, sino también al volumen de los frutos que producen.

27. Ramificación. Los tallos pueden ser simples, como se observa en la mayor parte de los tallos-caña (Graminácеas) y de los tallos-estípites (Palmáceas) así como también en muchos tallos herbáceos; pero la mayor parte de las veces se ramifican y la forma de la ramificación imprime al vegetal una fisonomía especial.

Los diversos modos de ramificación pueden reducirse á dos: ramificación *lateral y terminal.*

En la primera, también llamada *monopodial*, el tallo crece indefinidamente y ya produciendo sus ramas lateralmente, á expensas de sus yemas axilares ó extra-axilares y de acuerdo, generalmente, con el modo de inserción de las hojas. De modo que más comunmente las ramas de segundo órden estarán colocadas epiraladamente, pocas veces opuestas y menos veces aún en verticilos (*Araucaria*).

En la ramificación terminal, cuando el tallo ha llegado á un cierto grado de desarrollo, su yema terminal reparte sus células iniciales en dos ó más direcciones, originando así nuevas ramas que divergen más ó menos.

La ramificación terminal es muy rara y casi no la encontramos más que en vegetales inferiores (*Algas*, algunas *Muscíneas*).

Una forma de ramificación intermediaria entre las dos anteriores y que muy frecuentemente se observa en las plantas superiores, es la *simpodial*, en la que hay una detención en el crecimiento de una rama, por atrofia ó muerte de la yema terminal, sin que por ello el crecimiento cese, porque una de las yemas laterales, más próxima á la terminal, se desarrolla ocupando el lugar de esta y produciendo una rama que continúa la dirección de la primitiva.

En los vegetales superiores suele observarse la *falsa dicotomia*, que simula un caso de ramificación terminal, aunque en realidad entra en la lateral. En la falsa dicotomía la yema terminal detiene el desarrollo y dos

yemas laterales muy próximas á ella se desenvuelven á su vez, originando dos ramas que parecen producidas por una bifurcación de la yema principal abortada.

Todos los casos particulares que pueden observarse en la ramificación tienen sus ejemplos más variados en las *inflorescencias* ó ramificaciones de las yemas florales, y no solo es variado el modo de efectuarse esas ramificaciones sino que su conocimiento tiene gran interés. Dejaremos pues su estudio para el capítulo de la flor.

28. Modificaciones y adaptaciones del tallo—Estas modificaciones y adaptaciones, análogas á las que hemos estudiado en la raíz, están destinadas al desempeño de funciones accesorias; pueden efectuarse á expensas del tallo sub-terráneo ó bién de los tallos aéreos. De los primeros estudiaremos los *bulbos* y los *tubérculos*.

Búlbos—Los bulbos son tallos sub–terráneos caracterizados comunmente por su escaso desarrollo y la presencia en ellos de hojas ó escamas de formas y estructuras especiales, denominadas *catáfilas*. Se dividen los bulbos en *tunicados*, *macizos* y *escamosos*. Los primeros están constituidos por el tallo propiamente dicho, representado por lo que se llama *disco* ó *platillo* y en cuyos bordes y cara superior se originan las catáfilas en forma de túnicas que se envuelven por completo las unas á las otras, como se observa en la *cebolla* (*Allium cepa*).

Los bulbos macizos que para muchos autores no son más que rizomas están formados únicamente por el disco ó platillo con delgadas escamas parduzcas en su superficie; nos suministran ejemplos los bulbos del *azafran* (*Crocus sativus*), del *gladiolo* (*Gladiolus*), etc.

Los bulbos escamosos no se distinguen de los tunicados más que por la disposición de sus catáfilas, que son en forma de escamas imbricadas y que por consiguiente no se cubren unas á otras, sino en parte. Ejemplos: bulbos ó cabezas de *azucenas* (*Lilium*), de *tulipan* (*Tulipa*), etc.

Los bulbos, además de las funciones propias de todos los tallos, desempéñan también, accesoriamente, la de propagar ó multiplicar vegetativamente á la especie, aprovechando para ello las sustancias de reserva que llevan en su cuerpo mismo, ó en sus catáfilas.

Tubérculos—Son expansiones sub-terráneas de los rizomas, en los que hay exceso de crecimiento de uno ó más tejidos, cuyas células se llenan de sustancias de reserva: almidón, azúcar, etc. Los tubérculos pueden originarse á expensas de la hipertrofia de uno ó más nudos del tallo sub-terráneo y pueden también ser órganos intermediarios entre la raíz y el tallo por haberse formado á expensas del crecimiento del cuello del vegetal. En algunos casos no es fácil determinar á simple vista si un órgano

tuberculoso se ha desarrollado en un tallo ó en una raíz, porque si bien en el primer caso existen siempre brotos ó yemas, en el segundo pueden haberse originado las mismas producciones de la clase de las adventicias, que ya hemos mencionado. En caso de duda el estudio microscópico de la estructura histológica del tubérculo resolverá la dificultad.

Los tubérculos desempeñan accesoriamente las mismas funciones que los bulbos.

De las modificaciones que se hacen en los tallos aércos vamos á pasar revista á los tallos *volubles*, á los *zarcillos*, á las *espinas* y á los *filodios*.

Tallos volubles.—Los tallos volubles pertenecen á las plantas comunmente llamadas *enredaderas* ó *lianas*. Son tallos que presentan la desproporción ya señalada para los rastreros, entre la longitud y el espesor y que gozan de la propiedad de envolverse alrededor de los objetos que á su paso encuentran; ese arrollamiento, cuyo mecanismo de producción explicaremos mejor cuando estudiemos la fisiología del crecimiento, se efectúa de izquierda á derecha (*campanilla vulgar—Convolvulus arvensis*), ó bien de derecha á izquierda como en el *lúpulo* (*Humulus lupulus*). En algunas enredaderas la volubilidad es indiferente: de derecha á izquierda ó de izquierda á derecha. Ejemplo la *dulcamara* (*Solanum dulcamara*).

Zarcillos.—Los zarcillos son ramas cortas, desprovistas de hojas y que tienen la propiedad de la volubilidad muchos más acentuada que los anteriores; de modo que cuando encuentran á su alcance un cuerpo cilíndrico ó prismático ó bien las ramas de otra planta ó de ellas mismas, se arrollan fuertemente con vueltas de espira muy próximas. Generalmente los zarcillos que son al principio herbáceos se lignifican después, asegurando así un eficacísimo sostén á la planta á que pertenecen. Nos suministra el ejemplo más conocido de zarcillos de esta clase la *vid* (*Vitis vinifera*).

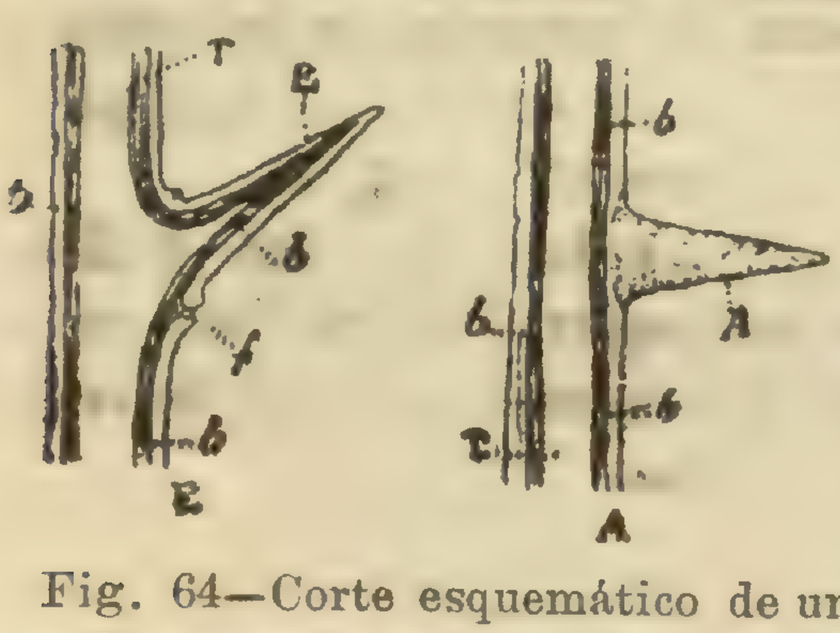


Fig. 64—Corte esquemático de un aguijón A y de una rama-espina E. Se ve en esta la continuidad de los tejidos del tallo con los de la espina.

Hay algunos zarcillos que amplían la propiedad que tienen de sostener al vegetal á que pertenecen, por desarrollar en sus extremidades órganos especiales que á la manera de las ventosas se adhieren fuertemente á las superficies á cuyo contacto crecen; tal sucede en la *vid silvestre* (*Ampelopsis hederacea*).

Los zarcillos son más frecuentemente de origen foliáceo y tendremos oportunidad de volvernos á ocupar de ellos cuando tratemos de las hojas. Para

distinguir su origen es menester recurrir á la observación de su modo de crecimiento ó mejor aún á su estructura interna.

Espinas—Lo mismo que hemos visto en las adaptaciones de la raiz y que veremos cuando hablemos de la hoja, pueden las ramas de los tallos abortar en su crecimiento y convertirse en órganos más ó menos largos, duros y agudos, denominados espinas.

Fig. 65—Filodios del *Ruscus aculeatus* f. hoja—cl. el filodio – bl. flor (Strasburger).

Las espinas desempeñan en el vegetal funciones de defensa y no llevan casi nunca hojas y si la tienen son rudimentarias y muy caducas.

Es menester no confundir las espinas caulinarias con las simples emergencias llamadas *aguijones* y que son una producción local de la epidermis y cuando más de las capas superficiales, en tanto que las espinas son verdaderas ramas en cuya estructura intervienen los diversos tejidos del tallo y los cuales se encuentran en continuidad con los de la rama madre.

Son aguijones los de las *rosas* (Rosa), que fácilmente pueden ser arrancados junto con un colgajo de epidermis y son espinas ó sea ramas transformadas las de los *naranjos* (Citrus aurantium).

Fig. 66—Filodios de una acacia—Las hojitas pinadas normales—b un filodio.

Filodios.—Son órganos que tienen la apariencia, de hojas aunque por sus funciones deben de ser considerados como tallos y en la mayor parte de los casos también por su estructura. Los filodios son órganos frecuentes en muchas *acacias* en las que reemplazan á las verdaderas hojas. En estos vegetales las hojitas compuestas pinadas características solo se observan en las ramas tiernas ó durante la juventud de la planta; más adelante van desapareciendo, al mismo tiempo

que el eje común se va ensanchando y tomando poco á poco el caracter de una hoja. En las acacias adultas todas las hojas son reemplazadas por fllodios que comunmente se encuentran colocados perpendicularmente al suelo. Nos suministran también ejemplos de fllodios ó *filocladios* algunas especies del género *Ruscus* (*Liliaceas-Asparragíneas*) que á pesar de su forma laminar llevan en una de sus caras una pequeña hojita en cuya axila se desarrolla la flor.

Presentan también adaptaciones al medio, que alteran más ó menos su fisonomía, los tallos carnosos y los acuáticos, de los que nos ocuparemos después que hayamos estudiado la estructura general del tallo.

29. Estructura primaria del tallo.—Siguiendo el mismo método adoptado al tratar de la estructura de la raiz, estudiaremos la del tallo haciendo primero una síntesis de las formaciones primarias, ya estudiadas aisladamente y luego estudiaremos las formaciones secundarias.

En el tallo no hay la uniformidad de distribución y constitución de tejidos que hemos estudiado en la raiz y por consiguiente, tendremos que pasar sucesivamente revista á los tallos de las Criptógamas vasculares, á los de las Monocotiledóneas y á los de las Dicotiledóneas y Gimnospermas.

EN LAS CRIPTÓGAMAS VASCULARES.—Varía la disposición y estructura de los tallos en las tres clases en que se divide este grupo.

Las Filicíneas poseen tallos *esquizostélicos*, ó sea, con varios hacecillos rodeados por parénquimas diferenciados.

En un corte transversal del tallo de un helecho observaremos que la parte fundamental está formada por tejido parenquimático, más ó menos diferenciado, y en el que se encuentran, irregularmente distribuidas varias *estelas*.

El tejido parenquimático más superficial y la epidermis que lo cubre tienen sus células comunmente esclerosadas y á veces también fuertemente pigmentadas. La esclerificación es más ó menos acentuada según la talla de la planta. Las estelas transcurren en número variable y generalmente se encuentran dispuestas en dos agrupaciones: unas más centrales que son las caulinarias, ó propias del tallo y otras más periféricas y comunmente menores en el corte, que son los manojos que se dirijen á las hojas y que han partido de los anteriores en un punto inferior á aquel en el que se ha practicado el corte. El tejido parenquimático se introduce entre las estelas y se diferencia haciéndose escleroso alrededor de cada una de ellas y en zonas especiales, que comunmente se encuentran interpuestas entre los diversos hacecillos, para formar verdaderos tejidos de sostén.

En cuanto á la estructura de cada una de las estelas, solo nos limitaremos á consignar aquí sus diversas capas, puesto que ya han sido

estudiada en el tejido libero-leñoso. Esas capas son, yendo de fuera hacia adentro: 1.° una endodermis de células amilíferas que se encuentran directamente aplicadas contra la vaina esclerificada, ya mencionada; 2.° un *periciclo* 3.° el *líber*, formado por parénquima liberiano y vasos cribosos que rodean á: 4.° el *leño ó xilema* compuesto de vasos escaleriformes y espiralados.

Esta estructura del tallo de las Filicíneas solo se observa al nivel de la parte media del miembro, porque como se recordará, en la base el tallo es monostélico.

En las Equisetáceas, que tienen tallos con una gran laguna central, el tejido fundamental forma la mayor parte del espesor del corte. Los diversos manojos líbero-leñosos se distribuyen en un círculo único alrededor de la laguna central, y por fuera de ellos, y alternando en la colocación, se encuentran otras lagunas, que vienen á quedar colocadas en pleno tejido cortical. La disposición y estructura de cada uno de los manojos la hemos indicado ya (véase: tejido líbero-leñoso).

El tejido fundamental y la epidermis, lo mismo que en los helechos, se esclerifica fuertemente, formando una *hipodermis esclerosa*. El tejido parenquimático, que se encuentra por dentro de la hipodermis y por fuera del círculo de los hacecillos, es muy clorofílico.

Las Licopodiáceas son de tallos *monostélicos*. Los hacecillos liberianos alternan con los leñosos y todo el manojo se encuentra envuelto por un periciclo de varias capas y una endodermis, comunmente amilífera. La estructura de estos tallos es parecida á la de la raiz y aproxima á las Licopodiáceas á las Fanerógamas.

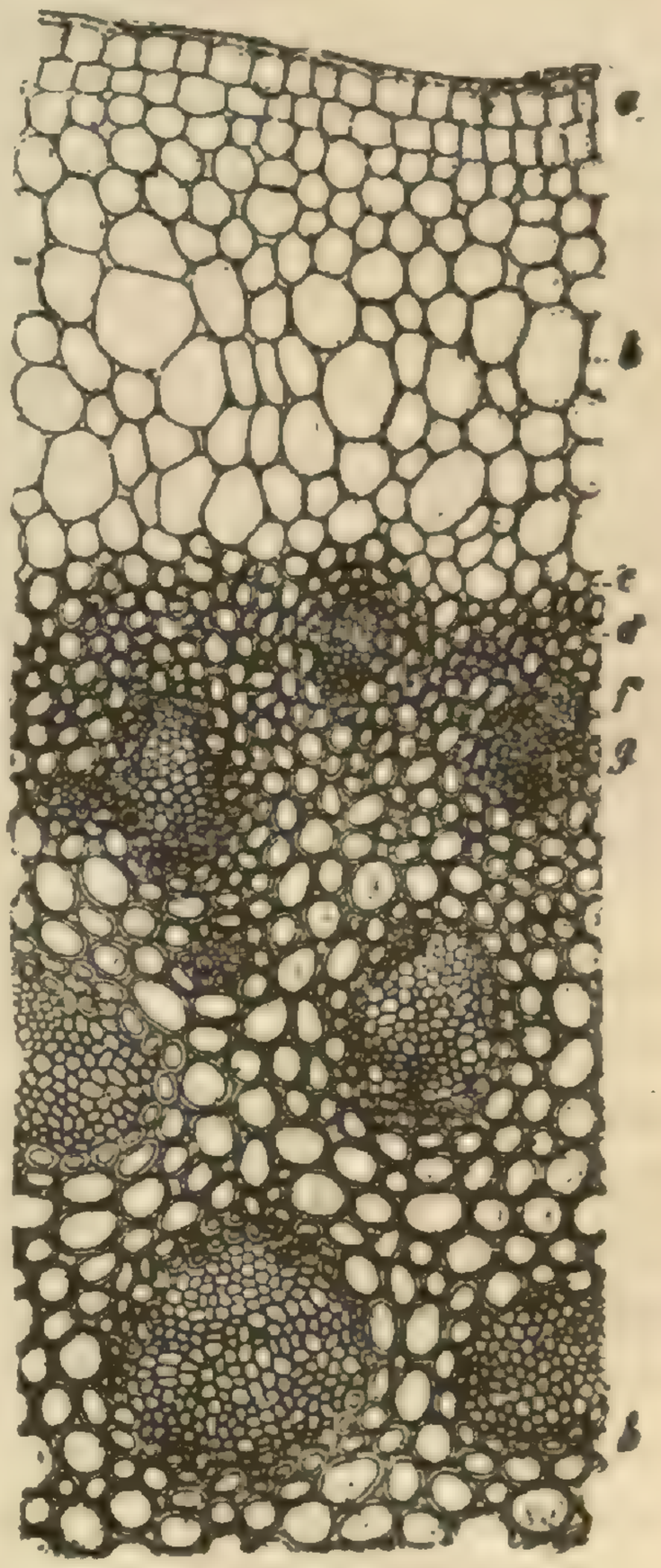


Fig. 67—Corte de un segmento de tallo del *Ruscus aculeatus*, en el que se ve que todo el tejido fundamental del cilindro central se ha esclerificado *d*, y el corte de los hacecillos, colocados en diversos círculos; *g*, leño; *f*, liber; *h*, vaina esclerosa que rodea á los hacecillos.—(Belzung).

En las MONOCOTILEDÓNEAS, los tállos están formados por tejido fundamental, en el que se encuentran colocados los hacecillos líbero-leñosos, generalmente distribuidos de una manera irregular. En estas plantas no puede establecerse diferencias entre corteza y cilindro central, con la única

excepción de algunas *Dioscoràceas*, que se acercan á las Dicotiledóneas por la estructura de sus tallos. En las Monocotiledóneas herbáceas existe una epidermis, por debajo de la cual se encuentra el tejido fundamental, que es en este caso puramente parenquimático, pero en las Monocotiledóneas leñosas, ese tejido fundamental se esclerifica más ó menos totalmente, en el sentido de que el primer paso hacia la esclerificación lo observamos en la aparición de vainas esclerosadas alrededor de los manojos fibro-vasculares y que por transiciones sucesivas, se llega á la esclerificación completa de todo el tejido, como se observa en las Palmáceas.

La estructura de cada uno de los hacecillos la hemos descripto ya: como se recordará, son de la categoría de los *cerrados*; pero á la inversa de lo que hemos vistos en las Criptógamas vasculares, el leño ocupa la parte periférica, envolviendo al líber que ocupa el centro.

En las Monocotiledóneas típicas hay dos clases de manojos como en las Filicíneas; unos caulinarios y otros foliáceos, generalmente más pequeños que los primeros y agrupados, á veces en gran abundancia, en las partes más periféricas del órgano.

En las DICOTILEDÓNEAS Y GIMNOSPERMAS la estructura primaria del tallo es la misma.

En estas plantas, puédese establecer claramente una diferencia entre la corteza y el cilindro central. La corteza consta de las siguientes capas: 1° La *epidermis;* 2° un *parénquima cortical externo*, generalmente clorofílico; 3° un *parénquima cortical interno*; 4° la *endodermis* que establece una clara separación entre la corteza y el cilindro central. Hemos ya señalado las diversas particularidades y las excepciones que pueden encontrarse en cada una de esas caspas, no insistiremos nuevamente.

En cuanto al cilíndro central, está limitado exteriormentepor el *periciclo*, formado por una ó más capas de células que lindan y alternan con las de la endodermis; luego se encuentran los hacecillos libero-leñosos, formados por el *liber* hacia afuera y el leño hacia adentro, entre ambos se encuentra intercalada una zona intermediaria- el *cambium* ó zona generatriz líbero-leñosa; son pues hacecillos fibro-vasculares *abiertos* y colaterales: Entre hacecillo y hacecillo se ven radios medulares (primarios), que establecen una relación entre el periciclo por fuera, y la médula por dentro. Según la edad ó la especie de Dicotiledónea estudiada será más ó menos abundante la cantidad de tejido libero-leñoso, ó predominará, por el contrario, el tejido parenquimático.

Esta disposición es bastante general en todas las especies de los grupos mencionados; solo se exceptúan algunas familias que poseen hacecillos líbero-leñosos de estructura algo distinta á la descripta: como pasa con los *bi-colaterales* de las Cucurbitáceas.

ORIGEN DE LAS FORMACIONES PRIMARIAS.—Todos los tejidos que hemos descripto como formadores de la estructura primaria del tallo, se originan por los tabicamientos radiales y tanjenciales de las células meristemáticas que forman el cono vegetativo ó yema terminal, las que á su vez se originan por las sucesivas bi particiones de las células iniciales que ocupan la extremidad de dicho cono. Esas células iniciales son múltiples para todas las Fanerógamas y para los géneros *Isoetes*, *Lycopodium* y algunas especies del género *Selaginella*, pertenecientes todas á las Criptógamas vasculares.

La existencia y deferenciación bien marcada de una ó más células iniciales es más variada en el tallo que en la raíz. Sin embargo, podemos decir que en la mayor parte de las Dicotiledóneas, en muchas otras Fanerógamas y en los géneros de las Criptógamas vasculares ya mencionados existen tres células iniciales superpuestas, que ocupan la extremidad del cono vegetativo y que por sus sucesivos tabicamientos originan tres grupos ó capas de células meristemáticas, que iguales al principio, van diferenciándose poco á poco y á distancias variables del vértice del órgano.

Las células más superficiales formadas por el tabicamiento de la inicial más extrema, tienen tendencia á hacerse aplanadas, y constituyen el llamado *dermatógeno*, ó sea el engendrador de la epidermis; las células intermediarias, originadas por la inicial media y por tabicamientos alternativamente radiales y tangenciales, constituyen el *periblema* á cuyas expensas se originarán los tejidos de la corteza hasta la endodermis inclusive; finalmente el meristema que ocupa el centro del cono vegetativo y que muestra desde el principio gran tendencia hacia el mayor crecimiento del diámetro longitudinal de sus células, es el *pleroma*, á espensas de cuyas células, se constituirá el cilindro central, desde el periciclo por fuera, hasta la médula por dentro.

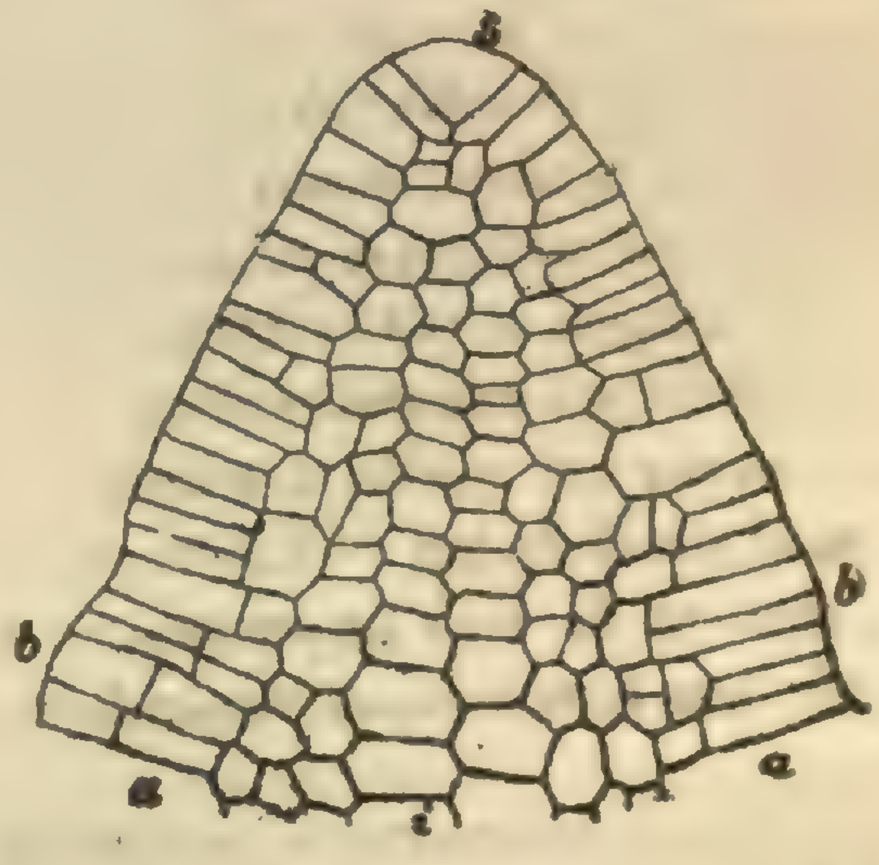


Fig. 68.—Corte del cono vegetativo de un *Equisetum*.

S—célula inicial—*a*, meristema externo—*i*, meristema interno—*b*, esbozos de las hojas.

Como ya hemos dicho, esta disposición de la yema terminal no es la única, existe, por el contrario, una gran diversidad de disposiciones, aún dentro de las agrupaciones de plantas ya mencionadas; variaciones que pueden consistir en la existencia de solo dos iniciales, como pasa en las Graminácea, ó bien en la forma-

ción de las diversas partes del tallo á expensas de otras células meristemáticas, que las que hemos indicado como normales.

Puede considerarse también como una de las funciones importantes del dermatógeno, la de ser la capa encargada de iniciar los primeros esbozos de las hojas, en cuya formación entran después las distintas capas meristemáticas que hemos descripto.

En algunas plantas, las iniciales tienen una individualidad tan oscura que se confunden con el resto de las células meristemáticas, no pudiendo señalarse ni aún el número de ellas.

En cuanto á las Criptógamas vasculares, no siendo las de las excepciones ya indicadas, tienen solo una célula inicial, la que posée una forma tetraédica, análoga á la que hemos visto en la raíz, y cuya base, se encuentra en la parte más culminante del tallo.

Esa célula tetraédrica tabícase continuamente por sus caras laterales, carácter que la separa francamente de su congénere de la raíz, puesto que la de este último órgano se tabica por sus cuatro caras, porque, como se recordará. la base de la célula está destinada á engendrar las células de la cofia, que no tienen representación en el tallo. En la mayor parte de las Criptógamas vasculares, los diversos tabicamientos de las caras de la célula inicial, originan un meristema, comunmente diferenciado en dos capas. De la más externa se origina la epidermis y los tejidos de la corteza y de la más interna el resto.

En las Dicotiledóneas y Gimnospermas, una parte del tejido meristemático permanece como tal, aunque la diferenciación de tejidos esté muy acentuada; esa capa meristemática forma un anillo continuo. pertenece por su origen al tejido del pleroma y por su colocación queda intercalado, al nivel de los hacecillos líbero-leñosos, entre el líber y el leño, pero como que forma un anillo continuo, esa zona meristemática la hallamos también al nivel de los radios medulares primarios; esa capa ó zona meristemática es de una importancia muy grande, porque es la que va á constituir las formaciones secundarias del cilindro central del tallo.

30. Estructura secundaria del tallo. — En la mayor parte de los tallos de las Dicotiledóneas y Gimnospermas, y á distancias variables del vértice del miembro, se originan tejidos secundarios que se agregan á los ya descriptos y alteran profundamente la primitiva estructura.

Esas formaciones secundarias se deben al tabicamiento de a células de dos capas generadoras, que se encuentran, en la corteza una y en el cilindro central, la otra.

FORMACIONES SECUNDARIAS EN LA CORTEZA. — La capa de célula de división que origina á estos tejidos se denomina *felógeno* ó *capa gene-*

radora cortical; se constituye en la corteza primordial, en cualquiera de sus capas, desde la epidermis al periciclo, pero más generalmente á expensas de las celulas de las capas medias del parénquima. Cuando esa zona generadora se ha constituido, empieza á dividir sus células tangencialmente, originando otras que se van diferenciando poco á poco, conforme se van alejando de las generadoras primítivas. Esa capa se tabica de tal manera que origina nuevos tejidos hacia afuera y hacia adentro; tejidos de estructura y funciones muy diferentes: destinados los más externos, que constituyen el *súber* ó *corcho* á servir de protección á los tejidos blandos sub-yacentes y los más profundos á reconstituir un nuevo parénquima cortical.

En resumen, en una corteza en plena formación secundaria encontraremos por debajo de la epidermis un número variable de capas de

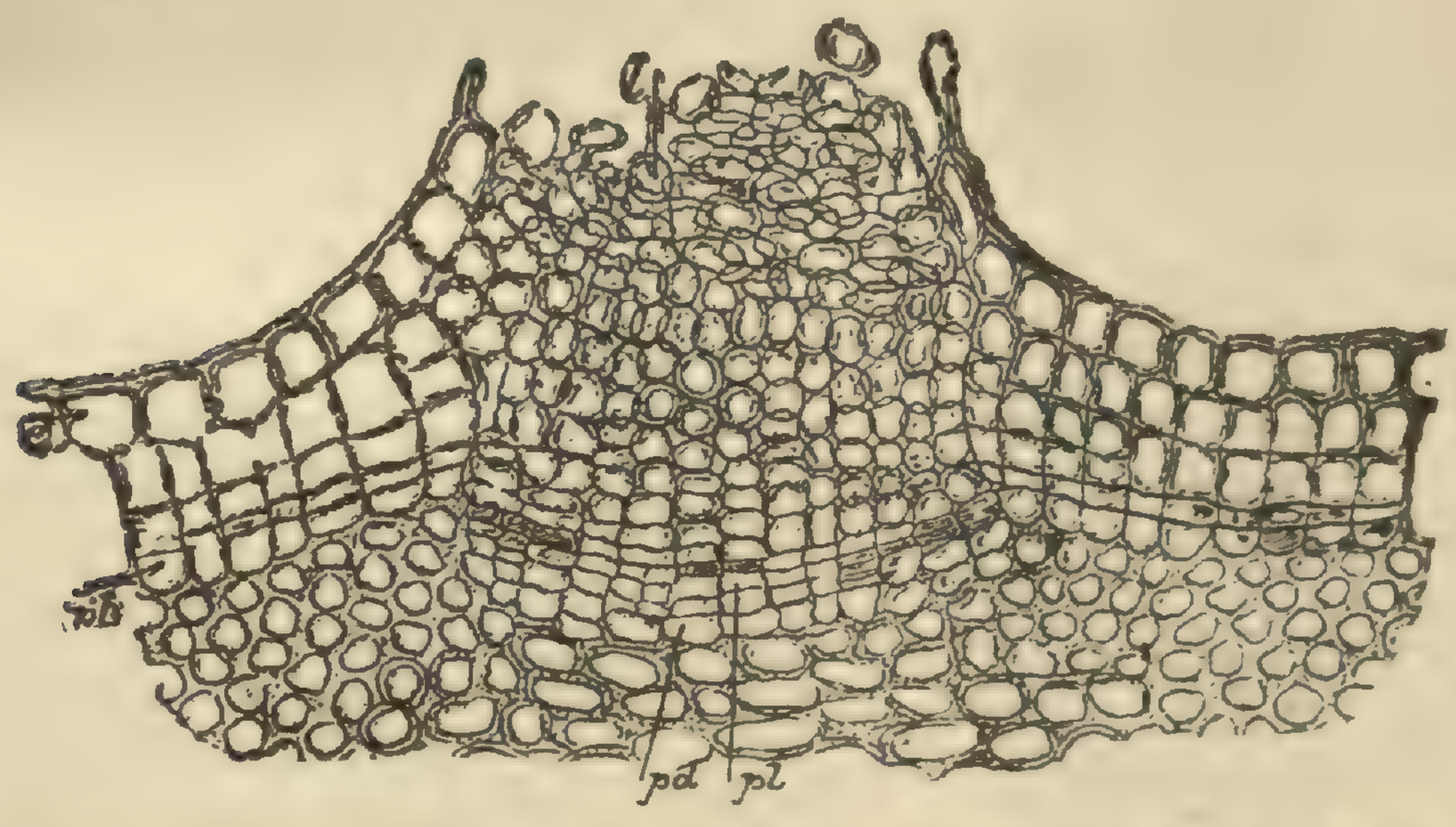


Fig. 69.—Corte transversal al nivel de una lenticilla; *l*, celulas del relleno; *pl*, felógeno especial del relleno; *pd*, felodermis; *ph*, felógeno; *e*, epidermis.

células suberosas, caracterizadas por la impermeabilidad de sus paredes, el aplanamiento de sus formas y su colocación en series radiales y concéntricas; por debajo de esas capas de súber, encontraremos la capa generadora ó felógeno y más profundamente, el nuevo tejido parenquimático, que recibe el nombre de *felodermis*. El conjunto de felodermis, felógeno y súber se denomina *peridermis*.

Ese tabicamiento de la capa generadora se hace comunmente en todo el contorno del tallo, teniendo el felógeno la forma de un anillo cerrado.

La formación del súber no se interrumpe más que al nivel de las llamadas *lenticillas*, producciones verrugosas que se constituyen comunmente por debajo de los estomas y que están destinadas á asegurar algunos intercambios gaseosos entre el medio ambiente y los tejidos de la

corteza; intercambios que no son posibles al nivel del súber, por su absoluta impermeabilidad. En el punto donde van á originarse lenticillas el anillo de felógeno forma un meristema especial, que engendra por los sucesivos tabicamientos de sus células, elementos redondeados, fácilmente disociables y que, formados en gran cantidad, invaden las capas sub-epidérmicas, ó la cámara sub-estomática, cuando se han originado debajo de un estoma, y provocan por fin un desgarramiento de la epidermis y la aparición de una producción verrugosa, saliente y de un color generalmente parduzco que lo deben á la coloración de las células disociadas, que reciben también el nombre de células de *relleno*.

Fig. 70.—Corte del ritidoma de un *Quercus* en el que se ve tres capas de súber de distinto origen (1, 2 y 3); el parénquima cortical primario p. r; y distintas clases de fibras más ó menos esclerificadas (Strasburger).

Cuanto más profundo es el origen de la capa generadora, tanta mayor cantidad de tejidos, colocados por fuera del súber neo-formado, estarán comprometidos en su vitalidad, por la ausencia de sustancias nutritivas que lleguen hasta ellos. De ahí resulta que las capas superficiales: epidermis y capas corticales se mortifican y descaman. Esos tejidos pueden desprenderse en forma de escamas ó de grandes láminas, según la forma en que se haya originado el súber. En algunas plantas esos tejidos muertos no se desprenden y así se constituyen las capas suberosas agregadas. En otras, las capas se desprenden y queda entoces á la vista el nuevo súber.

Hay plantas que no tienen más que una sola producción de peridermis; la zona generadora aumenta año por año el número de capas, pero es siempre la misma. En otras plantas, por el contrario, se forma una primera peridermis, que cuando ha alcanzado al máximum de su desarrollo, se atrofia y deseca, por la producción de una nueva peridermis más interior, la que se ha originado á expensas de una capa generadora más profunda. Así, por ejemplo, en algunos vegetales, la primera capa de felógeno se constituye á expensas de la primera hilera de células corticales; esa capa se divide y origina, hacia afuera súber, que vendrá así á ser sub-epidér-

mico y hacia adentro felodermis; en un momento dado ese felógeno deja de ser activo y en una de las capas más profundas, que puede ser de las mismas corticales, la endodermis ó el periciclo, se origina un nuevo felógeno, que por las divisiones de sus células engendra nuevas capas de súber hacia afuera y de felodermis hacia adentro. En tal caso toda la peridermis primaria muere y se desprende, pasando generalmente por la formación previa de grietas debidas al empuje que efectúan las capas de nueva formacion. Esas capas superficiales descamadas y agrietadas, y comunmente parduzcas, constituyen lo que se llama *ritidoma*.

La producción de súber no se hace siempre por igual en todo el contorno del tallo. En algunas plantas, la capa de felógeno adopta la forma de arcos limitados, y la producción de peridermis se hace bajo forma de islotes aislados.

La estructura y consistencia del súber no es igual en todas las plantas; algunas tienen súber duro y otras súber blando. El primero debe su consistencia á la existencia de células y fibras más ó menos esclerificadas intercaladas entre las células suberosas. Alguuas plantas, como la que produce el corcho común (*Quercus suberosa*), forman un súber de gran espesor, que en su primera generación es duro y blando en las sucesivas. Si el primer súber no es arrancado se mantiene unido á los subsiguientes y asi se forman peridermis superpuestas, que en la especie mencionada pueden llegar á tener un espesor de 40 centímetros.

FORMACIONES SECUNDARIAS DEL CILINDRO CENTRAL. — Hemos dicho ya donde se encuentra esta capa, intercalada entre los elementos primarios del liber y del leño. Se la denomina *cambium* ó *capa generadora líbero-lenosa*,

Esa capa forma en la mayoría de los casos un anillo continuo, de modo que se la encuentra, no solo al nivel de los hacecillos fibro-vasculares, sino también atravesando los radios medulares primarios.

Ahora bien, esta zona generadora se comporta de una manera análoga á la de la corteza, en el sentido, de que por las divisiones sucesivas de sus células forma un meristema que la limita por dentro y por fuera. El meristema interior va poco á poco diferenciándose en elementos leñosos, y en liberianos el externo.

Aquí observaremos un carácter común á todas las formaciones secundarias y que deriva de su modo de originarse, y es que todos los elementos neoformados: células, vasos ó fibras, se encuentran colocados en los mismos radios y en capas concéntricas bastante regulares, por lo menos para el súber y los elementos del leño.

El cambium forma pues, nuevos elementos liberianos hacia afuera, que se calocan por dentro del líber primario y rechazando á este tejido hacia afuera, contribuyen en gran parte al agrietamiento del ritidoma.

En las plantas de los países templados y fríos la actividad de la capa generadora líbero-leñosa no es continua, es decir, que solo trabaja durante la primavera y el verano, y en parte en el otoño, y permanece en reposo durante el invierno. Como la estructura y la disposición de los elementos histológicos así engendrados es diferente, según que se trate de formaciones de primavera ó de otoño, resulta de ello la estratificación, generalmente muy clara, de las diversas formaciones secundarias.

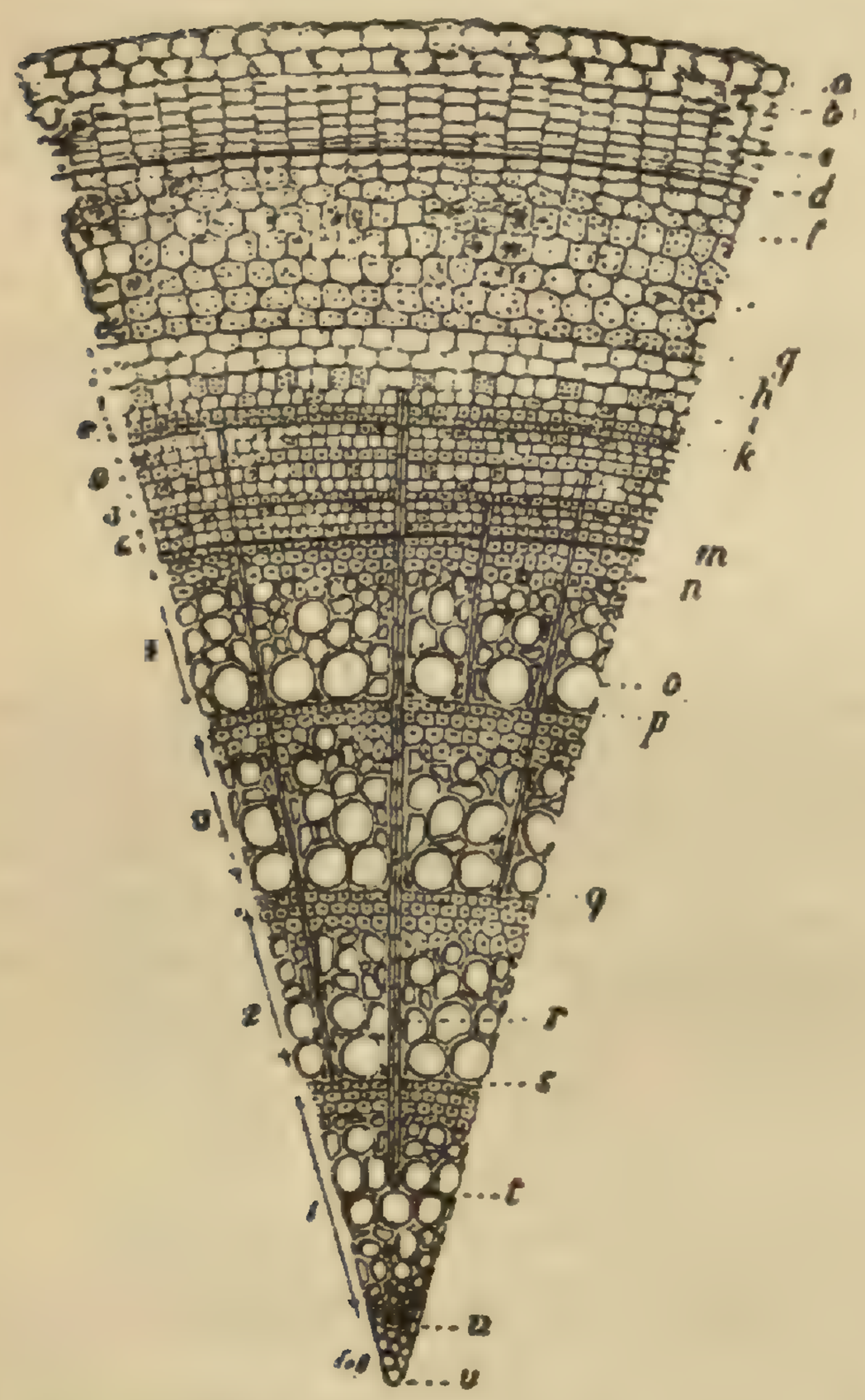


Fig. 71—Corte esquemático de un sector del tallo de una dicotiledónea de 4 años. 1, 2, 3 y 4 leño y líber de los 4 años — *a* epidermis—*b* capa cortical externa—*cf* peridermis — *c* súber —*d* felógeno — *df* felodermis — *fg* parénquima cortical interno—*g* endodermis—*gh* periciclo — *hi* líber primario—*ik* líber secundario del primer año—*i* tubos cribosos y parénquima — *k* fibras liberianas—*m* cambium—*np* leño del cuarto año—*n* fibras (leño de otoño)—*o* grandes vasos (leño de primavera) *pq*, leño del 3er. año —*qs* del 2º - *s.t.* leño secundario del 1er. año— *t. u.* leño primario—*u.v.* médula—*r.* radio medular secundario.—(Belzung).

La capa generadora no elabora los nuevos elementos de la misma manera en todas las plantas. Se recordará que al hablar de la estructura primaria de los tallos hemos dicho, que los hacecillos fibro-vasculares se encuentran en número variable y separados por radios medulares más ó menos anchos, de lo que resulta que cuando sobrevienen las formaciones secundarias, estas pueden hacerse alrededor de todo el contorno del anillo, ó bien únicamente á la altura de los hacecillos primarios; en el primer caso observaremos la producción de los tejidos secundarios en todo el contorno del tallo, y en el segundo persistirán los radios medulares primarios, no haciendo los nuevos tejidos más que engrosar á los hacecillos fibro-vasculares primarios.

En algunos vegetales se observan disposiciones intermediarias, que se traducen por la formación de nuevos hacecillos en los sectores ocupados primitivamente por los radios medulares primarios, sin que desaparezcan

estos por completo, ó bien, por la formación de hacecillos más pequeños que vienen á quedar intercalados entre los primarios.

La zona generadora, es generalmente única en cada tallo, lo que quiere decir que el engrosamiento que tiene lugar año por año, en los tallos de Dicotiledóneas y Gimnospermas, lo deben solamente á la actividad de un solo cambium.

En resúmen: en un tallo con formaciones secundarias, observaremos las siguientes capas yendo de fuera adentro: 1° el *ritidoma*, formado por los restos de epidermis, con la peridermis recientemente formada; 2° la capa ó capas de *parénquima cortical primario*, suponiendo que el felógeno se haya constituído á expensas de una de las capas más superficiales; 3° la *endodermis*; 4° el *periciclo*; 5° el *líber primario*; 6° el *líber secundario*; 7° el *cambium* ó zona generadora líbero-leñosa; 8° el *leño secundario;* 9° el *leño primario*; 10° la *médula.*

Hay que observar también que entre las formaciones secundarias debemos considerar á los radios medulares secundarios, que siguen la misma dirección radial que los primarios y atraviesan un espesor variable del hacecillo líbero-leñoso. Estos radios secundarios, formados por célnlas parenquimáticas, comunmente amilíferas (sobretodo en las coníferas), son limitados, no solo en el sentido radial, sino también en el longitudinal; debiendo pues, ser considerados como verdaderas láminas de tejido parenquimático que se encuentran intercaladas entre los tejidos del líber y del leño.

Estructura del líber secundario.—El líber secundario alcanza un desarrollo muy escaso, apenas de algunos milímetros, aún en los mayores árboles. Está constituído por células de parénquima liberiano, fibras liberianas y característicos vasos cribosos.

Las células, en cantidad variable, son de paredes celulósicas y contienen frecuentemente en su interior ó almidón ú oxalato de calcio.

Las fibras liberianas, de paredes gruesas, pero celulósicas, se encuentran en grupos ó islotes ó bien aisladas de á una, dos, cuatro, etc.

Los vasos cribosos forman también agrupaciones, protejidas por la fibra y entremezcladas con células parenquimáticas. Los vasos cribosos se presentan acompañados por las celulas auxiliares ó compañeras, que se distinguen de aquellos en el corte transversal, por su menor calibre.

La disposición del líber es menos regular que la del leño; generalmente no se aprecia en él la superposición de las diversas capas concéntricas y ni aún la disposición radial de sus diversos elementos, que es tan característica en el súber y en el leño. Por otra parte, los radios medulares secundarios se ensanchan á veces considerablemente al nivel del líber, lo que contribuye á alterar la disposición de este tejido.

El nombre de líber lo debe a la disposición foliácea de sus distintas capas, á la manera de las hojas de un libro. En las Malváceas es muy visible esa disposición.

ESTRUCTURA DEL LEÑO SECUNDARIO.—En el leño secundario se encuentran vasos, fibras y células de parénquima leñoso. La repartición de esos distintos elementos es bastante regular.

Durante la primavera y el verano, cuando la actividad nutritiva de la planta es muy grande, se forman, preferentemente, vasos leñosos, que pueden ser abiertos, cerrados, punteados, espiralados, etc.; pero que cualquiera que sea su apariencia exterior, se distinguen por su gran calibre. En esta época de la vegetación, por lo menos en las plantas de los países templados y fríos, la formación de fibras y células esclerificadas es escasa; y es esto precisamente lo que caracteriza al leño de primavera: la existencia de grandes vasos que dan á la madera un aspecto más ó menos poroso.

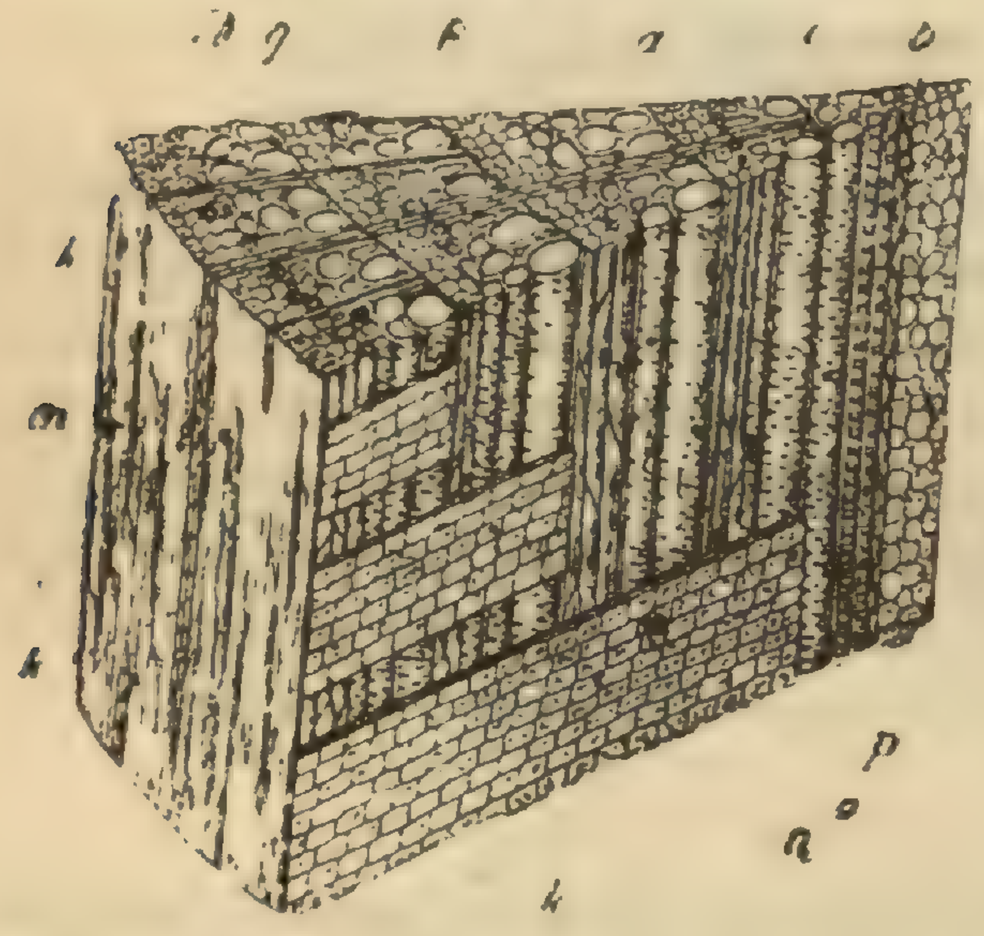


Fig. 72—Corte esquemático transversal y longitudinal de un sector de leño de tallo de una dicotiledónea de cuatro años—*ab.* médula *bc.* leño primario—*cd*, *df*, *fg* y *gi*, leño secundario del 1°, 2°, 3° y 4° año respectivamente—*h* leño de primavera del 4° año—*i* leño de otoño del mismo—*k* los radios medulares secundarios que llegan hasta la superficie del leño—en *k* á la derecha y abajo y más arriba se observan tres radios medulares secundarios que afectan la forma de láminas intercaladas entre los elementos del leño—*m* fibras leñosas—*n* vasos punteados del leño primario—*o* vasos anillados —*p* vasos espiralados. (Belzung).

En el otoño, junto con los últimos intercambios nutritivos del vegetal y aprovechando, este, los materiales sobrantes, se origina nueva cantidad de leño, que se agrega al de primavera y que recibe el nombre de *leño* de otoño. El leño de otoño, está comunmente formado por fibras y células, casi exclusivamente. Las fibras son leñosas y más ó menos largas y las células, de paredes esclerificadas, reservan en su interior corpúsculos amilíferos, que serán aprovechados en la estación favorable para la alimentación, crecimiento y bi-partición de las células de la capa generadora, en una nueva fase de actividad.

Esta descripción de la estructura del leño secundario es aplicable á casi todas las Dicotiledóneas.

En las Coníferas, la diferencia que existe radica en el hecho de que los vasos leñosos están reemplazados por *fibras traquéidas*, con puntaciones areoladas; fibras que deben ser consideradas como verdaderos vasos cerrados y que poseen formas tan características y son tan notables sus

esculturas areolares, que es generalmente un diagnóstico fácil, la determinación microscópica de su leño.

Los árboles de madera dura, como vulgarmente se les llama, diferencian al cabo de períodos que varían entre 10 y 20 años, su leño secundario, en dos zonas ó regiones perfectamente caracterizadas por sus distintas coloraciones y funciones. En efecto, en todo árbol de madera dura, que haya pasado de las edades indicadas, puede fácilmente observarse en el corte transversal de su tronco la existencia de dos distintas coloraciones: la parte más exterior, la más joven, que constituye la *albura*, es generalmente de un color más claro y se presenta más tierna y jugosa, y la parte más interna, la que forma todo el centro del tronco, se presenta más oscura y más dura: es la que se denomina *duramen* ó *corazón* del leño.

Fisiológicamente se diferencia la albura del duramen porque este no presta ya, más servicio á la planta que por el esqueleto de sus elementos; es decir que de las dos funciones, que hemos asignado á este tejido: de conductor y sostén, el duramen no desempeña más que esta última, por haberse ocluído sus tráqueas con productos insolubles ó con los llamados *tilos*, expansiones de las células vecinas, que invaden y ocluyen el calibre del tubo.

La albura, por el contrario, goza de todas sus prerrogativas fisiológicas.

La parte de los troncos utilizada por la industria es el duramen, que debe sus cualidades como material de construcción á su dureza, su coloración y su resistencia á la putrefacción. La dureza depende en gran parte de la escasa proporción de agua y de la condensación de los elementos histológicos: la coloración, á sustancias especiales que se forman en los mismos elementos, y que tiñen sus paredes, como se observa en el *palo de Campeche (Hematoxylum Campechianum)*, en nuestras maderas del Chaco y Misiones *quebracho colorado* (*Loxopterigyum Lorentzii*, *ñandubay*) (*Acacia caroenia* etc.) Finalmente, á la par de las sustancias colorantes, impregnan también á los diversos elementos del leño secundario, distintos taninos y productos óleo resinosos que obran como antifermentescibles.

De la regularidad con que van produciéndose las formaciones secundarias del leño, sobretodó la formación de leno de primavera y de otoño, se deduce la edad de la planta. En efecto, esas formaciones determinan la estratificación, y las diversas capas formadas son generalmente apreciables aún á simple vista, contando cada una por un año de vida, ya que, como hemos dicho, en la mayor parte de las plantas se efectúan esas formaciones según la estación en curso.

FORMACIONES TERCIARIAS Y ANÓMALAS.—No siempre elaboran las plantas sus tejidos definitivos por los procedimientos indicados; hay familias que se caracterizan por las formaciones de leño y líber anómalos,

debidas en unos casos á la formación de zonas generadoras supernumerarias, que se originan en puntos limitados y por fuera de las formaciones normales, y que al dividir sus células y diferenciarlas producen nuevo liber y nuevo leño, que se agregan á los ya formados y alteran más ó menos la primitiva forma del órgano. Nos suministran ejemplos de estas formaciones anómalas, muchas lianas y diversas especies de las familias de las *Sapindáceas*, *Bignoniáceas*, *Leguminosas-Cesalpineas*, etc.

Todas esas particularidades de estructura, cuya existencia no hacemos más que señalar aquí, serán estudiadas más detalladamente con los caracteres de la correspondiente familia.

Las formaciones llamadas terciarias se producen en el caso de que se constituya una nueva zona generadora á expensas de un parénquima de origen secundario.

Esas formaciones se encuentran también en muchas Dicotiledóneas y, como una excepción, en algunas Monocotiledóneas de los géneros *Dracaena*, *Jucca*, *Aloes*, etc. (Liliáceas). En estas plantas, que como todas las Monocotiledóneas poseen hacecillos aislados, hay préviamente formaciones secundarias en el parénquima más exterior. Para esto, es necesario recordar que estas Monocotiledóneas poseen una diferenciación bastante marcada entre una corteza y un cilindro central, separados por un periciclo. Es esta capa, el periciclo, la que se convierte en felógeno ó capa generadora cortical y por la división y diferenciación de sus células, origina una peridermis análoga á la de las Dicotiledóneas: hay pues, una formación secundaria.

Más adelante, las capas más profundas de la felodermis empiezan á diferenciar verdaderos cordones meristemáticos que van, poco á poco, convirtiéndose en otros tantos hacecillos, aislados y concéntricos, como eran los primarios. Resulta pues, la formación de hacecillos leñosos á expensas de un meristema originado por un tejido de filiación secundaria como es la peridermis y es por esto que se llaman formaciones *terciarias* á las de estas plantas.

31—Estructura del cuello del vegetal.—El cuello constituye la parte intermediaria entre el tallo y la raíz; la que en la mayor parte de los casos se la caracteriza diciendo que es la que se encuentra al nivel del suelo.

En realidad la región del cuello es más larga, y puede decirse que corresponde á lo que en el embrión constituye el miembro hipocótile.

Anatómicamente esa región es muy interesante, puesto que á su nivel la composición y estructura de los tejidos es la de una zona de transición entre el tallo y la raíz.

La epidermis del tallo se continúa con la capa más superficial de la

raíz de una manera gradual y poco sensible; observándose algunas diferencias según las especies y de acuerdo con el origen de la capa más superficial de la raíz.

La corteza de la raíz se continúa directamente con la del tallo, pero como esta es relativamente más delgada que aquella, la endodermis se ensancha en forma de embudo, para alcanzar á rodear un cilindro más grueso; como el diámetro de los dos órganos contiguos es sensiblemente el mismo, del ensanchamiento de la endodermis resulta un menor espesor en el parénquima cortical del tallo.

El periciclo y conjuntivo del cilindro central, pasan insensiblemente de la raíz al tallo y esa transición no presenta mayor interés; pero lo tiene y muy grande el paso de los hacecillos líbero-leñosos, que como se ha dicho son de colocación muy distinta en uno y otro órgano:

En el caso más simple, el paso de los hacecillos se hace así: poco antes de llegar á lo que se llama el cuello del vegetal se observa que los hacecillos leñosos de la raíz se dividen en dos, (en el caso de que la raíz solo tenga dos hacecillos leñosos y dos liberianos), esos cuatro medios hacecillos aumentan sus vasos por diferenciación de las células del parénquima en que se alojan y luego se va interponiendo, entre las dos mitades recien formadas, una lámina cada vez más ancha de tejido conjuntivo, que va alejando más y más á los dos nuevos manojos leñosos, hasta que por fin, han descripto un arco de 90° y vienen á quedar colocados por dentro de los hacecillos liberianos, que no han cambiado ni su estructura, ni su situación. En otros términos: por dentro de cada hacecillo liberiano se encuentra un hacecillo leñoso, formado por dos mitades de dos hacecillos opuestos. Los manojos *radiales* y *separados*, de la raíz, se han convertido en verdaderos hacecillos líbero leñosos y *colaterales*.

En algunas otras plantas la complicación es mayor, porque la bipartición radial de los hacecillos se hace no solo á expensas del xilema, sino también del líber; pero en este caso también, los hacecillos no hacen más que desviarse describiendo arcos de círculo, que pueden ser hasta de 180° y de modo que los haces leñosos vengan á ocupar la parte interna de los liberianos.

La estructura de la región se complica aún más, porque el tallo tiene normalmente mayor cantidad de hacecillos que la raíz, de modo que á los primitivos haces radiculares se agregan otros supernumerarios, cuyo esbozo se aprecia ya en el cuello de la planta.

Esta descripción de la continuidad de los tejidos del tallo con los de la raíz es aplicable á casi todas las plantas vasculares.

32. Fisiología del crecimiento.—Hemos visto ya cual es el origen de los tejidos del tallo, que se van formando á expensas de los su-

cesivos tabicamientos de las células del cono vegetativo ó yema terminal; pero hemos dicho también, que en la yema van originándose los esbozos de las primeras hojas y por consecuencia, en los puntos en donde éstas se originan, se encuentran otros tantos nudos.

Ahora bien, el tallo nos ofrece dos formas de crecimiento en longitud: el llamado *terminal* y el *intercalar*.

En la raíz como se recordará no se observa más que el crecimiento sub-terminal, así denominado por la existencia de la cofia.

Se demuestra el doble crecimiento del tallo con un experimento análogo al que hemos descripto para la raíz.

Si tomamos una plantita en vías de crecimiento y á partir del vértice de su tallo trazamos rayas transversales á distancias equivalentes, de medio centímetro por ejemplo, observaremos que las rayas se separarán en los cuatro ó cinco primeros espacios y no en los siguientes, lo que nos demostrará que el crecimiento se hace de doble manera, porque, en efecto, la primera raya que primitivamente quedaba á medio centímetro del vértice se encontrará ahora á un centímetro y las líneas subsiguientes se han separado también un espacio, que es variable según la planta y las condiciones exteriores de luz, temperatura, etc.

Por otra parte, es de observación vulgar que todas las ramas en vías de crecimiento, que tienen sus hojas muy próximas en las yemas van aumentando ese espacio conforme se van alejando del vértice, lo que se expresa diciendo que el tallo crece por su vértice y al nivel de sus primeros entrenudos.

El crecimiento intercalar varía en grandes límites: hay plantas que no lo poseen, ó es tan exiguo que es poco apreciable, como se observa en las plantas que poseen hojas en roseta (col) y en las Palmáceas. En estos casos el crecimiento es solo terminal y las hojas van originándose al rededor del tallo y diferenciándose en el mismo lugar, sin que haya crecimiento intercalar que las separe.

El crecimiento intercalar alcanza en algunas especies á los estrenudos que se encuentran á distancias que varían entre 10 y 40 centímetros del vértice.

Fácil es comprender que el crecimiento intercalar es debido á la persistencia de suficiente cantidad de células meristemáticas, que no alcanzan su completa diferenciación, hasta no haber llegado á ocupar una situación relativamente alejada del vértice del miembro.

Una vez pasado ese límite, que como hemos ya indicado es variable en las distintas especies, el entrenudo ha llegado á su máximum de crecimiento y permanecerá perpetuamente con la misma longitud, como podremos apreciarlo en el experimento propuesto, observando que las rayas que hemos trazado permanecen á distancias constantes.

DIRECCIÓN DEL CRECIMIENTO; CIRCUMNUTACIÓN Y TORSIÓN.—El tallo no crece en línea recta, lo mismo que hemos visto para la raíz. Las diversas generatrices del tallo-cilindro se van desplazando lateralmente, de modo que el vertice del órgano va describiendo una hélice más ó menos regular.

Este modo desigual de crecimiento nos explica el arrollamiento de los tallos volubles, arrollamiento debido á la *circumnutación* del miembro, y que es preciso no confundir con las curvas de contacto, que son las que determinan el mismo fenómeno en los zarcillos.

La *torsión* del tallo sobre su propio eje es otro fenómeno debido al desigual crecimiento de sus diversos tejidos; se le observa en algunas lianas (glicina-*Wistaria Sinensis*) y es debido á que las formaciones secundarias de corteza se hacen más rápidamente que las del cilindro central y determinan así un desplazamiento lateral de los tejidos.

Además de las influencias internas que obran sobre el tallo, determinando la velocidad y la dirección de su crecimiento, hay que tener en cuenta también las causas externas, que como la gravedad, la luz, la temperatura, etc., actúan sobre este órgano.

ACCIÓN DE LA GRAVEDAD.—El tallo, en oposición á la raíz, es geotrópicamente negativo; por lo menos el tallo principal, cuya dirección normal es inversa de la de la raíz y huye de la gravedad.

Todas las consideraciones y experimentos que hemos mencionado al hablar de la raíz, son perfectamente aplicables al tallo; de modo que nos limitaremos á hacer una ligera revista de este punto.

En el tallo hipocótile de la plantita en germinación se puede ya apreciar la acción geotrópica negativa, bastante poderosa como para hacer enderezar al tallo, que ocupa la dirección horizontal, y por un mecanismo inverso al de la raíz: aquí en efecto la cara sometida directamente á la acción de la gravedad crece más que la opuesta, de lo que resulta la dirección vertical del eje.

Esta influencia de la graveead es pues muy acentuada en el tallo principal, horizontal ú oblicuo. Cuando el tallo es vertical la gravedad actúa por igual y el crecimiento se hace en la misma dirección; y es esto tan exacto, que si colocamos á un tallo verticalmente, pero con el vértice hacia abajo, situación en que queda neutralizada la acción de esa fuerza, el órgano continuará un cierto espacio su crecimiento en esa dirección; pero bastará la más mínima desviación determinada por un contacto, por la circumnutación ó cualquiera otra causa, para que actuando nuevamente la gravedad de un modo desigual, origine la inversión de la primitiva dirección del crecimiento.

La rueda de *Knight* y los *clinostatos*, nos permiten también de-

mostrar la acción de esta fuerza en la determinación de la dirección del crecimiento.

Si en la rueda de Knight, colocada verticalmente, disponemos varias plantitas en su periferia y con sus ejes: tallo y raíz, en direcciones al acaso, y en tales condiciones imprimimos á la rueda un movimiento suave: una vuelta en un cuarto de hora, por ejemplo, anularemos así la influencia de la gravedad y el tallo seguirá creciendo en su dirección primitiva. Se puede también efectuar el experimento como con la raíz, anulando la fuerza de la gravedad por la centrífuga y en todas estas pruebas el tallo se comportará de un modo opuesto á la raíz.

Sobre las ramas, la influencia de la gravedad no es tan marcada; sin embargo, la mayor parte de las plantas dirigen sus ramas de primer orden de acuerdo con un ángulo determinado para cada especie.

Algunas plantas tienen sus ramas sometidas, lo mismo que el eje principal, á la acción de esta fuerza de modo que en su desarrollo se colocan en dirección paralela al eje que las sostiene (*Alamos* — Algunas *Coníferas*).

Sobre las ramas de segundo, tercero ó cuarto orden, etc., la gravedad no tiene influencia.

Cuando la parte terminal de un tallo principal es destruida, natural ó artificialmente, la rama más próxima se deja influenciar por la aceión de la gravedad y abandona la dirección oblicua para colocarse verticalmente y coutinuar la primitiva dirección del eje destruido.

Acción de la luz — La luz tiene una acción muy marcada sobre el tallo, cuyo crecimiento modera ó detiene.

Es vulgar la observación de que, en igualdad de condiciones, se desarrolla mucho más rápidamente el tallo de una planta que crece á la oscuridad, que el de la que lo hace á la luz.

El tallo es fototrópicamente positivo, en el sentido de que tiene tendencia á dirigirse en la dirección del foco luminoso.

Hay para cada planta un máximum, un mínimum y un optimum, dentro de los cuales se efectúa con mayor ó menor velocidad el crecimiento del tallo, de acuerdo con la intensidad y reparto de luz.

En una planta iluminada desigualmente es donde más claramente se aprecia la influencia de este agente, sobre la dirección del crecimiento.

Si colocamos en una cámara oscura, que tenga un orificio en un solo lado, por el que pueda penetrar la luz, una plantita en vías de desarollo, observaremos en un espacio de tiempo, variable, según la especie, el cambio de dirección del tallo en el sentido del rayo luminoso. Ese cambio es debido á que el tallo ha crecido menos en el punto iluminado y mucho más en las caras oscuras.

Esta propiedad del tallo le permite su mejor orientación, no tanto por él mismo sino por los órganos de las funciones clorofílicas: las hojas, que debido á esa sensibilidad especial del miembro que las soporta, tienen siempre la dirección más favorable para desempeñar sus funciones.

Acción de los contactos.—La sensibilidad del tallo hacia los contactos de los cuerpos exteriores es mayor aun que la de la raíz; sobre todo en los tallos volubles y más aun en los zarcillos.

En los tallos volubles se efectúa el arrollamiento, en parte por la circumnutación ya indicada y en gran parte también porque en los puntos del órgano puestos en contacto con un cuerpo extraño el crecimiento se modera y hasta se detiene, determinando una turgescencia de las células de la cara opuesta y el mayor crecimiento consecutivo de estas; del que resulta una aplicación más íntima sobre el cuerpo extraño y la repetición de los mismos fenómenos.

Los zarcillos caulinarios soportados por un eje principal, exploran por decir así, los alrededores, en busca de un objeto al cual arrollarse, y lo hacen por medio de la circumnutación propia y la del tallo que los sostiene. Cuando por fin hallan un cuerpo extraño, en el punto de contacto cesa el crecimiento y así se produce un arrollamiento inmediato.

La sensibilidad á los contactos, de algunos tallos, es tan exquisita que basta el peso de algunos miligramos para determinar una desviación en el crecimiento.

Finalmente, la *temperatura* y la *humedad* tienen también influencia sobre el crecimiento de este órgano; pudiendo señalarse para la primera un máximum, minimum y optimum; lo que quiere decir que un tallo crecerá con mayor vehemencia cuando esté sometido á la acción de una temperatura determinada, que será el optimum; que por debajo de ese optimum seguirá creciendo, aunque cada vez menos, hasta llegar á un grado: el minimum, por debajo del cual no crecerá más; y que elevando la temperatura por arriba del optimum, sucederá algo análogo, es decir, que continuará disminuyendo la actividad de su crecimiento hasta un máximum, por arriba del cual cesará por completo.

La *humedad* acrecienta el crecimiento del tallo, siempre que no pase de un máximum fijo para cada especie.

La *presión atmosférica* tiene también influencia sobre el crecimiento de este órgano.

Como es fácil suponer, estos diversos agentes obran en la naturaleza en conjunto, de modo que se neutralizan y se influencian de diversas maneras, y que para demostrar las distintas acciones de cada uno de ellos, hay que anular ó atenuar la influencia de los otros, valiéndose para ello de diversos artificios.

CAPÍTULO VII.

LA HOJA.

33. Definición y caracteres principales. — La hoja es una expansión del tallo, comunmente laminar, y que tiene su punto de inserción en un nudo del eje que la sostiene.

Fisiológicamente es, por excelencia, el órgano de la nutrición activa de la planta, para lo que está expresamente destinada por su forma, colocación y estructura. Lo que en ella resalta, bajo este último punto de vista, es la abundancia de parénquima clorofílico, que le permite efectuar la asimilación del anhídrido carbónico y las síntesis orgánicas que son sus consecuencias. Muy propiamente se la ha llamado el *láboratorio químico de la planta*.

Se encuentran los primeros rudimentos de este órgano, aunque sin la diferenciación de tejidos que posee la hoja de los vegetales superiores, en algunas Algas (*Sargassum*, *Macrocystis*, etc.); en las Muscíneas hay ya verdaderas hojas, aunque puramente celulares; y aparecen con todos sus caracteres de morfología y estructura en las Criptógamas vasculares y Fanerógamas.

34. Morfología externa. — Una hoja completa de una planta vascular, á la descripción de las cuales dedicaremos casi exclusivamente este capítulo, consta de tres partes: la *lámina* ó *limbo*, la *vagina* y el *peciolo*.

La *lámina* es la parte principal y ensanchada de la hoja y se caracteriza por su dorsi-ventralidad y su simetría bilateral, caracteres ambos que aunque bastante generalizados no escapan, sin embargo, á algunas excepciones.

El *peciolo* es el pedúnculo, pié ó soporte, que se inserta por un extremo en el tallo y por el otro en la lámina. El peciolo puede faltar y la hoja es entonces *sesil* ó *sentada*.

La *vagina* es la parte basilar de la hoja, más ó menos acanalada y que rodea al tallo en una superficie variable. La vagina puede también faltar y puede estar constituida directamente á expensas del limbo ó á expensas del peciolo.

LÁMINA; SUS FORMAS. — La lámina ó limbo de la hoja responde á múltiples formas, difíciles de clasificar.

Adoptaremos una clasificación que podríamos llamar geométrica (Hérail) y que deriva de las tres curvas cerradas: circunferencia, elipse y óvalo.

Cuando la lámina tiene dos diámetros más ó menos iguales, que se cortan perpendicularmente en partes iguales, se díce que es *circular* ú *orbicular*.— Ejemplo: las de la *Capuchina* (*Tropœulum majus*); las de la *Umbilicaria* (*Cotyledon umbilicus*).

Fig. 74—Hoja agudo-elíptica, acuminada, de borde aserrado, pinatinervia y asimétrica de *Carpinus*.

En esto de las formas no hay nada de absoluto como en Matemáticas. Si las hojas son llamadas circulares ú ovales, ó elípticas, será porque se parecerán más á un círculo, á un óvalo, ó una elipse, respectivamente; aunque no puedan ser matemáticamente inscriptas en una de estas curvas.

Cuando los dos diámetros son desiguales y se cortan en partes iguales en el centro de la figura se dice que la hoja es *elíptica*.—Ejemplo: foliolos de *Robinia*) *Robinia pseudo-acacia*), foliolos de *tipa* (*Machœrium fertile*).

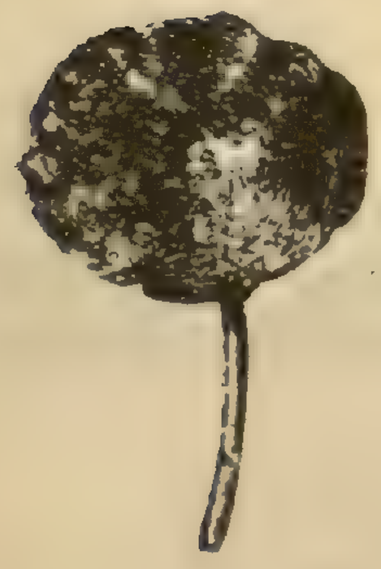


Fig. 75—Hoja orbicular, peltada y peltinervia de *Umbilicaria* (*Cotyledon umbilicus*).

Cuando los dos diámetros de la hoja son desiguales y se cortan perpendicularmente fuera del centro de la figura, y de tal modo que solo uno de ellos quede dividido en dos partes iguales, se dice que la hoja es *oval*. — Ejemplo: hojas del *peral* (*Pyrus comunis*).

Cuando la parte más angosta de la hoja es la fija ó la que se continúa con el peciolo ó el tallo, se la llama *oboval*.—Ejemplo: *Cassia obovata*.

De estas tres formas, que podríamos llamar fundamentales se deducen la mayor parte de las que encontraremos.

Se dice que las hojas son *agudas* cuando terminan en punta por

uno de sus extremos; si prescindiendo de ese ángulo, comparamos el resto de la lámina con las curvas ya mencionadas obtendremos la hoja *circular aguda*, *elíptica aguda*, etc. Si la punta se estrecha bruscamente y se prolonga mucho se dice que la haja es *acuminada*.

La lámina es *lanceolada* cuando termina en punta por sus dos extremidades. Se dice simplemente lanceolada, cuando deriva de la circunferencia ó de la elipse. — Ejemplo: las hojas del duraznero (*Prunus Persica*). Cuando derivan del óvalo ó de la hoja obovada, se llaman *oval-lanceolada* y *oboval–lanceolada* respectivamente.

Cuando las hojas tienen una escotadura en su base ó en su vértice se las llama *cordiformes* ó *acorazonadas* y *reniformes*. Son cordiformes cuando la escotadura es muy profunda y angular, como por ejemplo en el *tilo* (*Tilia Europæa*); y se la llama reniforme cuando presenta en la base una escotadura redondeada, como en la Labiada denominada *yedra terrestre* (*Nepeta hederacea*).

Cuando la escotadura se encuentra en la extremidad de la hoja se denomina simplemente *escotada*. Facil es comprender que todas estas modificaciones son adaptables á cualquiera de las formas fundamentales que ya hemos mencionado.

En algunas hojas agudas y cordiformes ó reniformes pueden agregarse lóbulos á un lado y otro de la escotadura y así se constituyen las láminas *sagítiformes* y *hasteadas*; tales como se las observa en algunas *Convolvuláceas*, *Aróideas*, etc.

Fig. 76—Hoja pinatilobada de *Quercus*.

A pesar de que esta clasificación es muy ámplia, por comprender dentro de ella á la mayor parte de las formas de las láminas, sin embargo hay muchas que escapan á la clasificación y que mencionaremos rápidamente.

A veces la hoja no es aplanada ó laminar, pudiendo ser *cilíndrica* (algunas *Crasuláceas*) *subulada*, ó en forma de aguja, como en algunos Pinos, *filiformes*, como en algunos *espárragos* (*Asparagus*), etc.

Las hojas *lineares* pertenecen á la clase de las lanceoladas, pero son mucho más largas que anchas

Las *oblongas* son las que poseen una anchura equivalente más ó menos al tercio de la longitud, pudiendo ser de la clase de las elípticas ó de las ovales. Las hojas *escamiformes* son pequeñas é imbricadas, como se observa en muchas coníferas.

Hay hojas *angulosas*, y cuando los ángulos son tres reciben el nombre de *deltoideas* (*Chenopodium vulgare*).

Las hojas que como las de muchas Monocotiledóneas tienen una

forma análoga á la de la lámina de una espada y son más ó menos rígidas se denominan *ensiformes*.

El estudio detallado de las diversas formas de las láminas es bastante importante del punto de vista sistemático, á pesar del polimorfismo que suele observarse en la misma planta y no solo por diversas adaptaciones fisiológicas, sino por circunstancias especiales de colocación, edad, etc.

DIMENSIONES.—Las dimensiones de las hojas varían dentro de grandes límites, pudiendo decirse de una manera general que las más pequeñas se encuentran entre las Muscíneas, que pueden tener hojas de menos de un milímetro, y las mayores entre las Monocotidelóneas. Sirvan de ejemplo las hojas de algunos *bananos* (*Musa*) y Palmáceas, que como la *Yupati* del Brasil (*Raphia tœdigera*) puede alcanzar á medir hasta 20 metros de largo por 12 de anchura. En general las Dicotiledóneas son las que ocupan un término medio por las dimensiones de sus láminas; habiendo, sin embargo, entre ellas, algunas de hojas muy pequeñas, que están reemplazadas en sus funciones por el tallo, especialmente adaptado para ese fin (*Casuarináceas*).

Fig. 77—Hojas subuladas de una Conífera.

La consistencia de estos órganos puede ser *carnosa* ó *suculenta*, *papirácea*, *apergaminada*, *coriácea*, etc., términos todos que se explican por si mismos.

COLORACIÓN.—Es generalmente el color verde el que domina. Color de la clorófila de las células del parénquima, que se transparenta á través de la epidermis.

Sin embargo, ese color puede estar más ó menos alterado por la presencia de otros pigmentos ó sustancias diversas que recubran su superficie, como se observa en las hojas *gláucas*, que deben su coloración blanco-azulada ó grisácesa á la presencia de abundante eflorescencia cérea. (*Papaver somniferum*, hojas primordiales de *Eucaliptus glóbulus*, etc.)

Las láminas son *maculadas* ó *manchadas*, cuando ostentan manchas de diversas formas y colores, más ó menos regularmente distribuídas (*Arum maculatum*).

Son *variegatas*, cuando presentan un borde amarillento ó blanquizco, que se destaca sobre el color verde del resto de la lámina (*Amaranthus*, *Caladium*, *Aspidistra*, etc.)

Muchas hojas deben su coloración roja ó violácea al antociano, pigmento que suele impregnar el protoplasma de la células epidérmicas.

Duración.—Las hojas son órganos generalmente caducos, que caen una vez que han llenado su misión fisiológica. Sin embargo, la mayor ó menor duración de ellas está en gran parte determinada por el clima. Hay plantas que como la vid (*Vitis vinifera*), el *durazno* (*Prunus Persica*), el *cerezo* (*Prunus avium*) etc., son de hojas caedizas en nuestros climas y permanecen siempre vestidas en climas más ardientes; como se observa con la vid en las Islas Canarias y con los Prunus mencionados, en Ceilán.

En cuanto á las plantas de follage perenne, lo mantienen porque se van incesantemente produciendo hojas nuevas, al tiempo que van desprendiéndose las más antiguas. Tal es lo que se observa en las *Palmeras*, en las *Coníferas*, etc.

Nervación.—Constituye uno de los caracteres morfológicos más importantes de las hojas la forma en que se distribuye el tejido fibro vascular, que constituye por sus ramificaciones las llamadas *nervaduras* ó *nervios*.

Hay hojas *uni-nervias*, que responden por sus formas á las hojas *subuladas*, *lineares*, *escamosas*, etc.

En las Dicotiledóneas se observa muy comunmente la disposición *retinervia* ó de nervaduras en forma de red; las que, pueden estar distribuidas según tres tipos principales: *peninervias*, *palminervias* y *peltinervias*.

Las *peninervias* tienen una nervadura principal que prolonga directamente los tejidos del peciolo y que atraviesa á la lámina de la base al vértice.

Esa nervadura desprende á un lado y otro otras de segundo órden, las que á su vez se vuelven á ramificar de la misma manera, hasta constituir por fin, finísimas ramificaciones que limitan entre ellas pequeños espacios, por sus abundantes anastomosis.

Las hojas *palminervias* poseen tres ó más nervaduras, que parten de la base de la hoja é irradian como las varillas de un abanico; generalmente se ramifican después según el tipo pinado.

Las *peltinervias* son las nervaduras de las hojas *peltadas* ó *abroqueladas*, que se caracterizan por la inserción de su peciolo, que no se hace en el borde de la lámina sino en el centro; en tal caso, de ese punto de inserción como centro, irradian como otros tantos radios, las nervaduras principales, que se ramifican después, según el tipo pinado.

Otra disposición menos frecuente pero que suele observarse en algunas Dicotiledóneas, es la de las hojas *curvinervias*, que se caracterizan por presentar tres ó más nervaduras principales que arrancan de la base de la hoja, divergen, haciéndose curvas y luego se juntan nuevamente en el ápice ó vértice del órgano. En este caso, lo mismo que en los anteriores, esas nervaduras se comportan con respecto á las de segundo, tercero, cuarto órden etc., lo mismo que las del tipo pinado.

En las Monocotiledóneas las hojas son generalmente de las llamadas *simplicinervias*, debido á que sus nervios no forman una red como en las anteriores. Generalmente son del tipo *paralelinervio*, que consiste en que las nervaduras, recorren toda la longitud del órgano, desde la base al vértice, sin ramificarse y uniéndose solo por pequeñas nervaduras transversales. Sin embargo en las Monocotiledóneas suele verse hojas pinadas por lo menos en lo referente á las primeras ramificaciones, porque aún en este caso no forman casi nunca la red característica de las Dicotiledóneas. Nos ofrecen ejemplos de esta forma de nervación, diversos *Arum*, *bananos*, etc.

Peciolo. — El peciolo es el pedúnculo ó soporte que establece la relación entre el limbo y el tallo.

Su longitud es más ó menos grande, pudiendo á veces ser tan corto que la hoja puede ser considerar como sesil.

Su forma es generalmente cilíndrica y mejor aún, semi-cilíndrica, con la parte curva hacia abajo y la plana ó cóncava hacia arriba.

Puede ser también más ó menos aplanado ó foliáceo y estar orientado perpendicularmente al suelo como se observa en las plantas que metamorfosean sus peciolos en filodios. (Acacias).

A veces la lámina de la hoja se interrumpe bruscamente, pero casi en seguida aparece una expansión membranosa á un lado y otro del peciolo y que hace recibir á este órgano el nombre de *alado*; como se observa en las hojas del *naranjo* (*Citrus aurantium*).

Otras veces, como se observa en la digital (*Digitalis purpurea*) el limbo acompaña sin solución de continuidad al peciolo, formándole dos expansiones membranosas angostas á un lado y otro.

El peciolo es generalmente más ensanchado en el punto de su inserción en el tallo, como para proteger á las yemas axilares.

En los Plátanos (Platanus) es hueco y en su cavidad es donde se desarrollan las yemas.

En algunas plantas acuáticas son porosos y llevan en su interior aire, lo que les permite obrar como órganos flotadores.

Fig. 78. — Hoja amplexicaule de una gramínea: k, nudo, r, vagina; l, lígula.

Vagina. — Es la parte basilar por la que se inserta la hoja. De-

pende de la lámina misma, cuando la hoja es sentada y del peciolo cuando existe este órgano.

La vagina puede ser más ó menos acentuada y segun ello abrazar más ó menos el tallo. Si lo rodea hasta la mitad de la circunferencia se dice que la hoja es *semienvainadora* ó *semiamplexicaule* y si lo envuelve por completo se llama *envainadora* ó *amplexicaule*, como se observa en las Gramíneas.

La latitud del peciolo puede estar aumentada por la existencia de *estípulas* que contribuyan á formar una vagina, como se observa en las rosas (Rosa).

Hay hojas que envuelven completamente al tallo, teniendo su lámina un desarrollo casi igual en todo el contorno y apareciendo como si fueran perforadas por el tallo: se llaman *perfoliadas*.

No hay que confundir estas últimas con las de algunas plantas que como la *madreselva* (*Lonicera caprifolium*), suelen soldar por sus base dos hojas de inserción opuesta que simulan así una hoja perfoliada.

35. Ramificación de la hoja — La hoja puede ser simple ó ramificada. Todas las formas de láminas, que hemos descripto hasta ahora se aplican casi únicamente á las simples, porque la ramificación del órgano le imprime una fisonomía distinta.

La forma más sencilla de ramificación es la que solo afecta al borde, habiendo diversos grados que se denominan de bordes, *dentados*, *aserrados*, *ondulados* ó *festoneados*, *espinosos*, etc.

Son bordes dentados los que presentan forma de dientes más ó menos marcados. Ejemplo: hojas de *cerezo* (*Prunus avium*). Son *aserrados* los que tienen la forma de los dientes de una sierra, como se ve en los foliolos de las *rosas*, en las *ortigas* (*Urtica*), etc.

Los bordes ondulados ó festoneados son los que ostentan forma de pequeñas curvas ú ondas, como se ve en las hojas de las *violetas* (*Viola odorata*).

Finalmente, son espinosos cuando á la ondulación agregan una extremidad terminada por una espina. Ejemplo: la *encina* (*Quercus robur*).

Cuando los recortes de los bordes son más profundos, sin que pasen de una tercera parte del total de la lámina, se dice que las hojas, son *lobuladas*.

La disposición de los lóbulos es análoga á la de las nervaduras, pudiendo ser, por consecuencia, *pinnatilobadas* ó *palmilobadas*.

Cuando las escotaduras del borde son aún más profundas, se dice que las hojas son *partidas*; repitiéndose el caso de hojas *pinatípartidas* y *palmipartidas*, según que afectan la forma que poseen las barbas de una pluma de ave ó la de los dedos con relación á la palma de la mano.

Finalmente, las hojas son *secadas* ó *fidas* cuando las entradas del recorte del borde llegan próximas á la nervadura central, ó, en otros términos, cuando son más profundas que la mitad de la lámina; si son del primer tipo serán *pinatisecadas* ó *pinatifidas* y *palmisecadas palmitifidas* si son del segundo.

Son hojas palmilobadas las de la *yedra* (*Hedera helix*) las de la *higuera* (*Ficus carica*), etc. Son pinatiboladas las de la *encina* (*Quercus robur*),—etc., etc.

Hojas compuestas—Cuando la ramificación tiene lugar en el peciolo, se constituyen las hojas compuestas, las que vendrán á estar formadas por varias láminas sostenidas por un peciolo común. Las hojas compuestas lo son según las mismas disposiciones que hemos indicado para el borde y para las nervaduras, ó sea, del tipo *pinado* y del tipo *palmado*.

Las hojas pinadas son las que constan de varias láminas (*foliolos*), dispuestas á un lado y otro de un eje común. Si los folio!os se insertan á la misma altura y por pares se dice que la hoja es *opositopinada*, y si la inserción es alterna: *alternipinada*. En la hoja opositopinada el peciolo común puede terminar por un foliolo ó nó: en el primer caso la hoja será *imparipinada*, y *paripinada*, en el segundo.

Si los peciolos se ramifican por segunda vez antes de llegar á los foliolos, se constituirán las hojas *bipinadas*; si la ramificación es mayor aún: las *tripinadas y multipinadas*.

Las hojas *palmadas ó palmiformes* son las que poseen sus foliolos insertos en la extremidad del peciolo común. Una variedad de ellas es la hoja compuesta *peltiforme*, en la que la inserción de los foliolos se hace alrededor de la extremidad del eje común.

La hoja compuesta más sencilla es la *trifoliada*, que pertenece tanto al tipo pinado como al palmado; como la de los *vinagrillos* comunes (*Oxalis*).

Nos suministran ejemplos de hojas pinadas las *rosas* (*Rosa*), los *jazmines del país* (*Jasminum*) las *acacias* (*Acacia*) y en general muchas Leguminosas.

Son *oposito-imparipinadas* las hojas de las *robinias* (*Robinia pseudo-acacia*) del *aguaribay* (*Schinus molle*), etc.

Son *paripinadas* las hojas del *guisante* ó *arvejilla de olor* (*Pisum*), las del *guayaco* (*Cuajacum officinalis*), las de *ñapindá* (*Acacia bonariensis*), las de la *cina-cina* (*Parkinsonia aculeata*, etc.

Como tipos de hojas compuestas palmadas pueden mencionarse las del *Castaño de Indias* (*Eosculus hippocastanus*), *flor del aire* (*Tropæolum pentaphillum*,) etc.

Son hojas bipinadas las de muchas *mimóseas* y las del *paraiso* (*Melia azederaeht*) etc., etc.

Las diversas ramificaciones del borde y del peciolo de la hoja son susceptibles de combinarse entre sí; pudiendo observarse hojas lobadas, de lóbulos dentados; pinadas de foliolos aserrados (rosa), etc.

En algunos casos las hojas son llamadas *recortadas*, porque la lámina se ramifica tan intensamente que viene á quedar reducida á las nervaduras con poca cantidad de mesófilo á un lado y otro. Es una forma de hojas común en las *Umbelíferas*, *Ranunculáceas* y otras familias.

Estipulación. — Las estípulas son pequeñas piezas accesorias que se encuentran á uno y otro lado del peciolo en su punto de inserción y que resultan de una ramificación basilar de la hoja.

Las estípulas pueden ser foliáceas, escamosas, pergamíneas, espinosas, etc., según la forma, estructura y consistencia que tengan. Se las llama también *peciolares* é *interpeciolares*, según que se encuentren más ó menos adheridas al peciolo, como en las rosas, ó bien que estén colocadas entre una y otra hoja.

Las estípulas pueden ser *caducas* ó *persistentes* y estos carácteres tienen bastante interés en Sistemática, pues son aprovechados para la clasificación de ciertas familias.

Las estípulas son comunmente de muy escaso desarrollo; pero en algunos casos, crecen hasta el extremo de alcanzar las dimensiones del resto de las hojas de follage. En la *Rubia tinctorum*, hay hojas opuestas con estípulas tan desarrolladas como las hojas mismas, de modo que simulan una inserción verticilada. En otros casos, como en las *Poligonáceas*, las estípulas, tambien muy desarrolladas, toman una apariencia especial, muy característica (*ocrea*).

En algunas *Leguminosas* (*Lathyrus aphaca*) las estípulas desempeñan el papel de las hojas, que están transformadas en zarcillos.

Cuando las hojas son compuestas, suelen los foliolos llevar también sus correspondientes estípulas que reciben entonces el nombre de *estipulillas*.

Mencionaremos también, como un órgano accesorio de la hoja, la llamada *lígula* de las *Graminaceas* pequeña lengüeta que es una prolongación de la vagina y se encuentra colocada entre la hoja y el tallo.

36. Adaptaciones de la hoja. — Lo mismo que hemos estudiado en el tallo y en la raíz, se observa en la hoja alteraciones morfológicas ó de estructura, que se efectúan con el fin de adaptarse á otra función. Son de ellas las principales: las brácteas ó hipsófilas, las hojas nutricias ó cotiledóneas, las absorbentes, las protectoras, las carnívoras, los zarcillos y las hojas florales ó reproductoras.

BRÁCTEAS.—Las *brácteas* ó *hipsófilas* son las hojas que se encuentran más próximas á las inflorescencias.

En la generalidad de las plantas no hay diferenciación bien marcada entre las hojas comunes de follaje y las que se encuentran próximas á la flor; observándose unicamente el menor tamaño ó la coloración menos oscura; pero en muchas especies se observa una diferenciación bien acentuada. Limitándonos unicamente á las hojas de las Angiospermas, mencionaremos las brácteas de muchas especies de *tilo* (*Tilia*), que difieren del resto de las hojas por sus formas, y son adherentes en la mitad de su nervadura media con el pedúnculo floral ó eje de la inflorescencia, el que aparece como si estuviese inserto en el centro de la lámina bracteal. En la enredadera conocida entre nosotros con el nombre de *Santa Rita* (*Bougainvillea spectabilis*), las brácteas son de forma análoga á la de las otras hojas, pero tienen una coloración rosada muy característica que las hace destacarse entre el resto del follaje. En algunas familias naturales las brácteas tienen formas, disposiciones y estructuras especiales que sirven para diferenciarlas: tal se observa en los llamados *involucros* de las *Umbelíferas* y *Compuestas*.

En general la forma de las hojas no es la misma, si se compara las inferiores ó primordiales con las superiores. Desde las primeras hojitas de la planta hasta las brácteas y más aún hasta las mismas hojas florales, hay una diferenciación progresiva que en algunos casos es muy marcada.

Esto nos lleva á mencionar el polimorfismo foliar que puede verse en algunas plantas y que comunmente depende de la diversa edad del órgano. Nos ofrecen ejemplos las hojas de la *yedra*. elípticas y elíptico agudas en los ramas vegetativas, y tri ó penta-lobuladas en las florales; las de la *morera de papel* (*Broussonetia papyrifera*), en la que el polimorfismo es muy acentuado, pudiendo observarse en la misma rama hojas enteras y lobuladas de tres ó cinco lóbulos. Presentan también un polimorfismo análogo las hojas del *Sassafras officinalis*.

HOJAS PRIMORDIALES Y NUTRICIAS.—Las hojas nutricias ó cotiledóneas son las que se encuentran ya formadas en el embrión y las primeras que se desarrollan cuando sobreviene la germinación. Pueden ser en número de una, como en las Monocotiledóneas, de dos, como en las Dicotiledóneas, y de más de dos, como en muchas Gimnospermas. Las hojas nutricias difieren de las comunes no solo por su forma, que es generalmente distinta, sino por su papel fisiológico especial, pues son las encargadas de suministrar los primeros alimentos de la plantita, que los obtienen del albumen, al que digieren y absorben, ó cuando esta reserva no existe, los proveen ellas mismas de sus propios tejidos.

Las hojas primordiales son la que siguen inmediatamente á las cotiledóneas, y se distinguen también por sus formas, distintas general-

mente de las otras hojas del follaje. Comunmente las hojas primordiales son más sencillas que las demás: cuando se trata de hojas compuestas las primordiales son generalmente simples. Ejemplo: el *poroto* (*Phaseolus vulgaris*).

HOJAS ABSORBENTES.—Son hojas de vegetales acuáticos, de forma distinta á las del follaje, y que desempeñan la funciones de la raíz, en el sentido de que son capaces de absorber sustancias nutritivas. Son las que algunos autores denominan *ricicóides*. En las hojas absorbentes acuáticas hay también una profunda modificación en la estructura, por atrofia del parénquima foliar.

Tienen hojas absorbentes el *ranúnculo acuàtico* (*Ranunculus acuaticus*), la *Salvinia natans* y diversas especies de los géneros *Utricularia* y *Ceratopyllum*, que carecen de raíz; efectuándose las funciones de la absorción unicamente por medio de sus hojas modificadas.

Pueden considerarse también como hojas absorbentes, á pesar de que son también órganos de digestión, á las de las plantas carnívoras, que, además de sus hojas comunes, poseen otras modificadas de diversas maneras: en forma de *ascidio ó urna* como en el *Nepenthes*, ó de cucurucho como en la *Sarracenia*, ó con pelos glandulares capitulados como en la *Drosera*, etc., adaptaciones todas, tendentes á la secreción de jugos digestivos que obran sobre las sustancias animales, haciéndolas aptas para su inmediata absorción por la misma hoja.

Las hojas PROTECTORAS son las que aseguran una protección ó defensa de la planta ó de algun tejido delicado. Pueden considerarse como tales á las catáfilas ó escamas secas de ciertos bulbos, que rodean á las catáfllas carnosas más profundas y evitan la evaporación del agua que contienen.

De esta misma categoría son las *pérulas*, que ya hemos indicado; escamas protectoras de los tejidos de las yemas, cuya estructura, es la de una hoja muy resistente, muchas veces coriáceas, comunmente sin estomas, ni cloroleucitos, cutinizadas ó suberificadas y barnizadas, á veces, por sustancias óleo-resinosas que aseguran mejor su impermeabilidad.

Son también órganos protectores las espinas en que muchas hojas se transforman. Las espinas de origen foliáceo pueden serlo á expensas de la hoja de follaje, ó á expensas de una ó más estípulas.

ZARCILLOS.—Los órganos de sostén que hemos estudiado con el tallo bajo el nombre de zarcillos, pueden ser también de origen foliáceo.

Los zarcillos provienen de la transformación de una hoja simple ó bien de los foliolos de una hoja compuesta.

Pueden ser simples ó ramificados: generalmente son de la primera clase los que provienen de la transformación de una hoja simple y de la segunda los que provienen de la adaptación de foliolos.

Un zarcillo se ofrece á la observación como un órgano más ó menos aplanado y con una parte encorvada en forma de gancho, en su extremidad. Durante el crecimiento del órgano, y por los movimientos producidos por la circumnutación, el zarcillo recorre un espacio determinado, hasta encontrar un cuerpo extraño. Si el contacto se hace por la cara cóncava del gancho, se observa en un espacio de tiempo, relativamente pequeño, que dicha cara se adapta fuertemente al objeto, y que ese movimiento de torsión ó enrollamiento se trasmite al resto del zarcillo, que concluye por constituir una espiral fuertemente adherida. Como la extremidad del órgano queda asi fijada no pudiendo hacerse mayor torsión en la parte ya arrollada, se observa la formación de una espiral en forma de resorte en la parte libre del zarcillo. La parte enrollada cambia la estructura de sus tejidos, y de esa manera se asegura el sostén de la planta, que queda sólida y elasticamente adherida, por obrar la parte intermedia del zarcillo á la manera de un resorte.

La causa del enrollamiento de estos órganos se la encuentra estudiando su estructura histológica, que presenta, por otra parte, el caracter de la simetría bilateral, propia de las hojas y que sirve para caracterizar á estas clases de zarcillos y distinguirlos de los de origen caulinario que poseen simetría axil. Analizando, decíamos, la estructura de uno de estos zarcillos, podrá observarse que el parénquima cortical de la cara convexa es distinto al de la cara cóncava: que en esta cara, hay un periciclo de fibras no esclerificadas, hasta después del enrollamiento y que este fenómeno se debe á una desigualdad de crecimiento provocada por la mayor afluencia de sustancias nutritivas hacia las capas corticales de la cara convexa; afluencia determinada por el frote ó contacto del cuerpo extraño con las células de la cóncava. A mayor afluencia de sustancias nutritivas sucede un mayor crecimiento, y de ahi el enrollamiento inmediato del órgano. Hay zarcillos tan sensibles (*Bryonia dioica*), que efectúan los distintos movimientos y cambios que hemos descripto, en el espacio de un medio minuto y que llevan su sensibilidad hasta el extremo de que es posible provocar la torsión efectuando un pequeño frote al nivel de la cara cóncava.

Los zarcillos foliáceos se encuentran en muchas Dicotiledóneas de porte de enredadera y sobretodo en las *Cucurbitaceas*, y en algunas *Leguminosas-Papilionàceas*.

Hojas florales.—Finalmente, la más importante adaptación de las hojas á funciones especiales, la encontramos en las llamadas *hojas florales*, ó sea; las diversas piezas que entran en la composición de la flor y que directa ó indirectamente toman parte en la reproducción de las plantas Fanerógamas. Las modificaciones de las hojas florales son tan

profundas y variadas, y sus funciones son tan fundamentales que su estudio constituye uno de los capítulos.más largo é interesante de la Botánica. No hacemos aquí más que indicar cual es el origen de la flor.

37. Filotaxia.—Es el estudio de la disposición de las hojas sobre el tallo. Hay dos disposiciones principales: la *verticilada* y la *aislada*. En la primera forma se encuentran dos ó mas hojas insertas en el mismo nudo del tallo; en la segunda en cada nudo se inserta una sola hoja.

Los ángulos diedros formados por los planos de simetría de las hojas cuando se cortan en el eje del tallo se llaman ángulos de divergencia.

Se denominan *ortósticas* las líneas generatrices del tallo-cilindro, que pasan por los puntos de inserción de una hoja.

La forma más sencilla de disposición verticilada es la *opuesta*, que consiste en la inserción de dos hojas en las extremidades opuestas de un mismo diámetro. El ángulo de divergencia en este caso, propiamente no existe, y se mide la separación por la semi-círcunferencia, ó en otros términos: es de 180°.

La disposición opuesta es la más frecuente dentro de la verticilada; en ella las hojas de cada verticilo, se insertan en diámetros que se cortan perpendicularmente; lo que quiere decir que las hojas de cada verticilo no están insertas en las mismas ortósticas, sino en ortósticas alternas. Suele á veces observarse la inserción *superpuesta*, pero en tal caso debe suponerse que ha abortado un verticilo intermediario. Encontraremos ejemplos de hojas superpuestas en algunas flores.

La disposición verticilada propiamente dicha se observa menos frecuentemente y tiene lugar cuando al nivel del mismo nudo se insertan tres ó más hojas. En el caso de que las piezas sean tres, el ángulo de divergencia será de 120°; de 90°; si son cuatro, etc. En la disposición verticilada se observa lo que hemos indicado para la opuesta, respecto á la no superposición de hojas, que alternan sus ortósticas en cada verticilo.

Nos suministran ejemplos de hojas opuestas muchas *Rubiaceas* (quina café, jazmín del Cabo, etc.), *Labiadas* (menta, tomillo, albahaca, etc.), *Cariofilaceas* (clavel, saponaria, etc.); y de hojas verticiladas el *Laurel-rosa* (*Nerium oleander*) que lleva verticilos alternos de tres hojas; las *Lisymachias* que los tienen de cuatro, etc.

Recordaremos que algunas plantas de la familia de las *Rubiaceas*, poseen inserción opuesta, que simula verticilada por el gran desarrollo á que alcanzan las estípulas (*Galium aparine*, *Rubia tinctorum*).

La inserción aislada ó espiralada es la más común de todas y es la que se hace, aparentemente, de un modo irregular.

Si tomamos una rama, que tenga sus hojas dispuestas de cual-

quiera otra manera que no sea con arreglo á las disposiciones opuestas y verticilada y si elejimos una hoja como punto de partida y desde ella trazamos una línea que una su punto de inserción con el de la hoja que más próxima á ella se encuentre y si continuamos el trazado, uniendo este punto al de la inserción de una tercera hoja y de esta á una cuarta y así sucesivamente, trazaremos una línea espiral, cuyas vueltas de espira estarán más ó menos juntas, segun la distancia á que se hallen los respectivos nudos: esa línea así trazada es la llamada espiral *genética fundamental.*

La forma más simple de inserción aislada es la llamada *alterna*, forma que es también la más frecuente y que consiste en la inserción de las hojas alternativamente en cada nudo, sobre dos ortósticas diametralmente opuestas.

Las diversas formas de la disposición aislada pueden expresarse por medio de fórmulas, que se construyen trazando la espiral fundamental y observando, por una parte, el número de vueltas de espira que hay que dar hasta encontrar otra hoja que se encuentre en la misma ortóstica que aquella de la cual partimos y por otra parte, el número de hojas encontradas en el trayecto.

Con estas dos cifras tendremos los términos de una fracción cuyo numerador indica el número de vueltas, y el denominador el número de hojas.

En la inserción alterna la fórmula es ½, fracción que indica, que hemos efectuado una vuelta completa alrededor de la rama hasta encontrar otra hoja que estuviese colocada en la misma ortóstica de la que se partió. Si la fórmula fuera $^{2}/_{5}$, significaría que hemos dado dos vueltas al tallo y hemos encontrado cinco hojas en el camino.

Las fórmulas más comunes de inserción aislada son las de ½, ⅓, $^{2}/_{5}$, ⅜, $^{5}/_{13}$, $^{8}/_{21}$, etc.; siendo cada vez menos frecuentes cuanto más complicadas, y no observándose las más complicadas sino en vegetales inferiores (Muscíneas) ó bien en la inserción de las piezas florales de algunas Fanerógamas.

La serie de fórmulas que dejamos indicada es fácil de recordar, si se nota que cada fracción es el resultado de la suma de los numeradores y denominadores de las dos anteriores.

La serie de fórmulas de inserción indicada es la más frecuente, pero se pueden observar también otras dos series que comienzan por $^{1}/_{2}$, $^{1}/_{4}$, $^{2}/_{6}$, $^{3}/_{10}$, ... la una y por $^{1}/_{3}$, $^{1}/_{2}$, $^{2}/_{5}$, $^{3}/_{7}$, $^{5}/_{12}$..... la otra.

Las diversas particularidades de la inserción de las hojas pueden expresarse gráficamente por medio de diagramas que se construyen de diversas maneras según la forma de inserción.

La inserción verticilada puede representarse por medio de círculos concéntricos, cada uno de los cuales indica un nudo, sobre el que pueden señalarse por signos convencionales el número de hojas que se inserten.

La disposición aislada se representa comunmente por una línea espiral, que no es más que la espiral fundamental proyectada en un plano horizontal y sobre la que pueden indicar las hojas por medio de signos colocados á distancias proporcionales, según el tipo de la inserción. Las ortósticas pueden ser representadas por lineas radiales.

38. Yemas y prefoliación—Los brotos ó yemas que hemos estudiado como primeros esbozos de las formaciones primarias del tallo, son también las que originan á las hojas.

Hemos dicho que el vértice de las yemás está ocupado por la célula ó células iniciales que por sus continuos tabicamientos engendran el meristema de esa yema.

Ese vértice se encuentra más ó menos eficazmente protegido por escamas, que pueden ser transitorias y desempeñar sus funciones de protección durante el invierno, para caer al llegar la primavera, ó bien pueden ser las mismas hojas diferenciadas más abajo del vértice del cono é imbricadas como para constituir una bóveda ó techo á los tejidos delicados del cono vegetativo.

Las hojas se originan, pués, á expensas del meristema más superficial de las yemas: capa epidérmica y corticales, las que hemos denominado *dermatógeno* y *periblema*. Al principio aparecen como pequeños mamelones ó protuberancias más ó menos aplanadas, que cuando sobreviene el crecimienro, en las plantas de hojas caducas, y en cualquiera época en las de hojas perennes, crece rápidamente hasta adquirir su forma y tamaño definitivo. Durante este desarrollo una faja de meristema derivada de la yema, ha quedado localizada en un punto variable de la hoja, y por los tabicamientos continuados de sus células se agota en la formación de todos los tejidos del nuevo órgano.

Esa localización del meristema foliáceó es variable, según hemos indicado, porque, en efecto, puédesele encontrar en la *base*, en el *vértice* ó en la parte *media* de la hoja, en vías de desarrollo.

Las hojas que tienen su faja de meristema en la base, que son las más frecuentes, se denominan *basipetas*, porque en ellas la diferenciación de los tejidos se hace del vértice hacia la base (Rosa); las que tienen su meristema terminal se denominan *basifugas*, porque en ellas la diferenciación se va haciendo de la base hacia el vértice (Robinia, Helechos). Ocupan un término medio entre las dos disposiciones anteriores las hojas, muy raras por otra parte, que poseen su meristema en la parte media de la lámina.

Las hojas agotan todo su meristema una vez que llegan á su máxi.

mo desarrollo; lo que se expresa diciendo que son órganos de crecimiento definido.

Exceptúanse las hojas de los Helechos que se aproximan bajo este punto de vista á los tallos, por poseer un meristema terminal que persiste y tabica sus células indefinidamente.

Es posible que en la formación del meristema foliar tome también parte el *pleroma* del meristema del tallo y así quedaría de hecho explicada la unión entre los hacecillos del tallo y de la hoja. Porque, en efecto, no está aún demostrado si los hacecillos fibro vasculares de la hoja se forman al mismo tiempo que los del tallo ó si se originan aisladamente y se unen después.

PREFOLIACIÓN—Se llama *prefoliación* ó *estivación* al arreglo ó colocación que tienen las hojas en la yema. Esta colocación se refiere á la hoja misma y á las relaciones que tienen entre si las diversas láminas de una misma yema.

Cualquiera que sea la forma de prefoliación, responde siempre al mismo fin: el mejor arreglo en el más pequeño espacio.

La estivación particular de cada hoja en la yema puede ser: plana, reclinada, plegada, conduplicada, involutada, convolutada, revolutada y circinada.

Se dice que la prefoliación es *plana*, cuando la hoja no tiene doblez, ni pliegue ninguno y se dispone según un plano desde el principio de su desarrollo.

En la *reclinada* se nota á la hoja plegada en dos, transversalmente, como en el *tulipan* (*Tulipa gessneriana*).

Es *plegada*, cuando la disposición es análoga á la de las varillas de un abanico cerrado, como se observa en las *Palmáceas*.

Conduplicada es una de las prefoliaciones más frecuentes y se realiza cuando la hoja se dobla en dos alrededor de su nervadura central como eje. Se la observa en muchas *Rosáceas*.

En la prefoliación *involutada* los bordes de la hoja se encuentran enrollados hacia adentro y van desplegándose poco á poco con los progresos del desarrollo. Ejemplo en las *violetas* (*Viola odorata*).

Es *convolutada*, cuando se ve á la hoja envuelta en forma de cartucho: tal es la prefoliación de los *Phylodendron* y de muchas otras *Aróideas*.

En la prefoliación *revolutada* los bordes de la hoja están enrollados hacia afuera; es la inversa de la involutada.

Nos suministran ejemplos de esta prefoliación varias *Poligonáceas* del género *Rumex*.

Finalmente, la prefoliación *circinada* es característica de los Helechos, encontrándosela también en el género *Cycas* y se caracteriza por el enrollamiento de la extremidad de la hoja en forma de cayado ó espiral.

Estas diversas formas de estivación individual se encuentran colo-

cadas en la yema según tres disposiciones principales, denominadas: valvar, imbricada y equitante.

En la prefoliación *valvar* las hojas, que son generalmente planas, se tocan por sus bordes sin cubrirse.

En la *imbricada* se cubren alternativamente por sus bordes.

En la *equitante* las hojas, son conduplicadas y cada una de ellas envuelve á la más próxima la que rodea á la siguiente y así sucesivamente. Nos suministrau ejemplos varias *Irídeas* del género *Iris*.

39. Estructura de las hojas—Trataremos separadamente la estructura del peciolo y la de la lámina.

Peciolo—La estructura del peciolo es variable según la planta que se estudie; pero de un modo general puede decirse que es intermediaria entre la del tallo y la de la lámina.

En el peciolo encontraremos las tres formas fundamentales de tejidos.

La epidermis que es prolongación de la del tallo, no posee más carácter de importancia que la escasez ó ausencia completa de estomas.

El tejido fundamental forma la mayor parte del órgano y no se puede dividir, como en el tallo, en tejido fundamental cortical y tejido fundamental del cilindro central; lo que quiere decir que forma un todo uniforme.

El tejido fundamental es parenquimático en su mayor cantidad y se distinguen sus células por la escasa proporción de clorófila que poseen: órgano de paso, no tiene las funciones de nutrición tan importantes de las que se encarga el parénquima foliáceo.

En ciertos peciolos y alrededor de los hacecillos líbero-leñosos ó bien por arriba y debajo de los mismos se modifica el tejido parenquimático constituyendo vainas esclerosas que dan mayor resistencia al órgano.

En algunas especies el tejido fundamental inmediato á los hacecillos se modifica también, formando una endodermis y un periciclo análogos á los que hemos visto en el tallo.

En cuanto á los hacecillos líbero-leñosos, lo único que nos importa conocer es la forma de su distribución, porque en lo referente á su estructura poseen la misma que la de los hacecillos de los tallos de que proceden: colateral y abiertos en las Dicotiledóneas y Gimnospermas; concéntricos y cerrados en las Monocotiledóneas y Criptógamas vasculares.

La forma de distribución está en relación con la forma del peciolo y el número de hacecillos que el tallo ceda á la hoja; pero cualquiera que ella sea, el hecho dominante á este respecto es que la simetría de la distribución es siempre *bilateral:* simetría de hoja; en oposición á la simetría del

tallo que es *axil*. En efecto, el peciolo y la hoja poseen solamente un plano que los divida en dos partes simétricas ó equivalentes, en tanto que el tallo puede ser dividido en partes equivalentes ó simétricas por cualquier plano que pase por su eje.

En los peciolos cilíndricos de las Dicotiledóneas los hacecillos líbero-leñosos se distribuyen en un anillo circular y aislados unos de otros, lo que los asemeja bastante á los del tallo; pero aunque sea muy regular el círculo que forman, se observará siempre que hay un hacecillo central más desarrollado y que á partir de él hacia la izquierda y hacia la derecha el tamaño de los hacecillos va disminuyendo y que solamente el plano que pase por la parte media del hacecillo mayor divide al peciolo en dos partes iguales.

En los peciolos de las Monocotiledóneas en los que el número de hacecillos que el tallo envía á la hoja es siempre considerable (*Palmáceas, Graminéaceas*) los hacecillos atraviesan el peciolo con alguna irregularídad pero aún en este caso es posible determinar la simetría bilateral de su distribución.

Lámina.—Respecto á la estructura de la lámina no tendremos más que sintetizar lo que ya hemos dicho al estudiar la distribución y constitución general de los tejidos.

Hemos dicho que toda hoja se encuentra comprendida entre dos láminas epidérmicas, una ventral ó superior y otra dorsal ó inferior y entre ambas se encuentra el *mesófilo*, constituido por tejido fundamental interrumpido únicamente por las nervaduras ó ramificaciones del tejido fibrovascular.

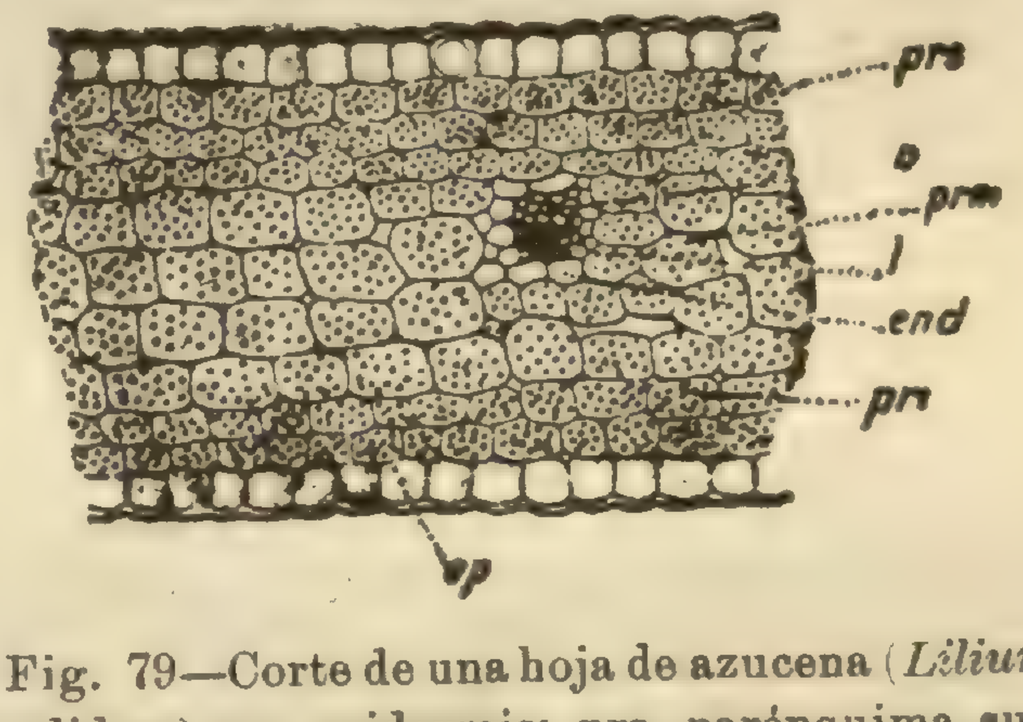


Fig. 79—Corte de una hoja de azucena (*Lilium candidum*) ep. epidermis; prs. parénquima superior; prm. parénquima medio; l. líber; end. endodermis de hacecillo; pri. parénquima infer.

Ahora bien, el tejido que determina la disposición general del mesófilo por la variedad de sus formas y contenidos celulares es el tejido parenquimático. Según eso las hojas pueden ser *homogéneas* ó *céntricas*, cuando todas las células del parénquima responden al mismo tipo. y *heterogéneas* en caso contrario. Las heterogéneas pueden ser á su vez, *simétricas* y *disimétricas*, según que posean parénquima en empalizada en sus dos caras y esponjoso en el centro ó que tengan esponjosa dorsal y empalizada ventral.

Las hojas homogéneas ó céntricas se encuentran en las Gimnos-

permas (Coníferas), Criptógamas vasculares y en algunas Monocotiledóneas.

Las simétricas en Monocotiledóneas y algunas Dicotiledóneas y las disimétricas en esta última clase.

La epidermis no tiene más variantes que las que dependen de la existencia ó ausencia de estomas y de la presencia de cloroleucitos. Los estomas se reparten de acuerdo con la forma del parénquima, el que á su vez adquiere esa disposición según la situación horizontal ó vertical del órgano. En las plantas de hojas horizontales la epidermis superior está casi ó totalmente desprovista de estomas, que abundan en la página inferíor; y en las de dirección vertical ú oblícua los estomas se reparten equitativamente en ambas páginas.

Los cloroleucitos faltan en la mayor parte de las células epidérmicas se exceptúan las de los Helechos y las de las hojas sumerjidas que los poseen en mayor ó menor abundancia.

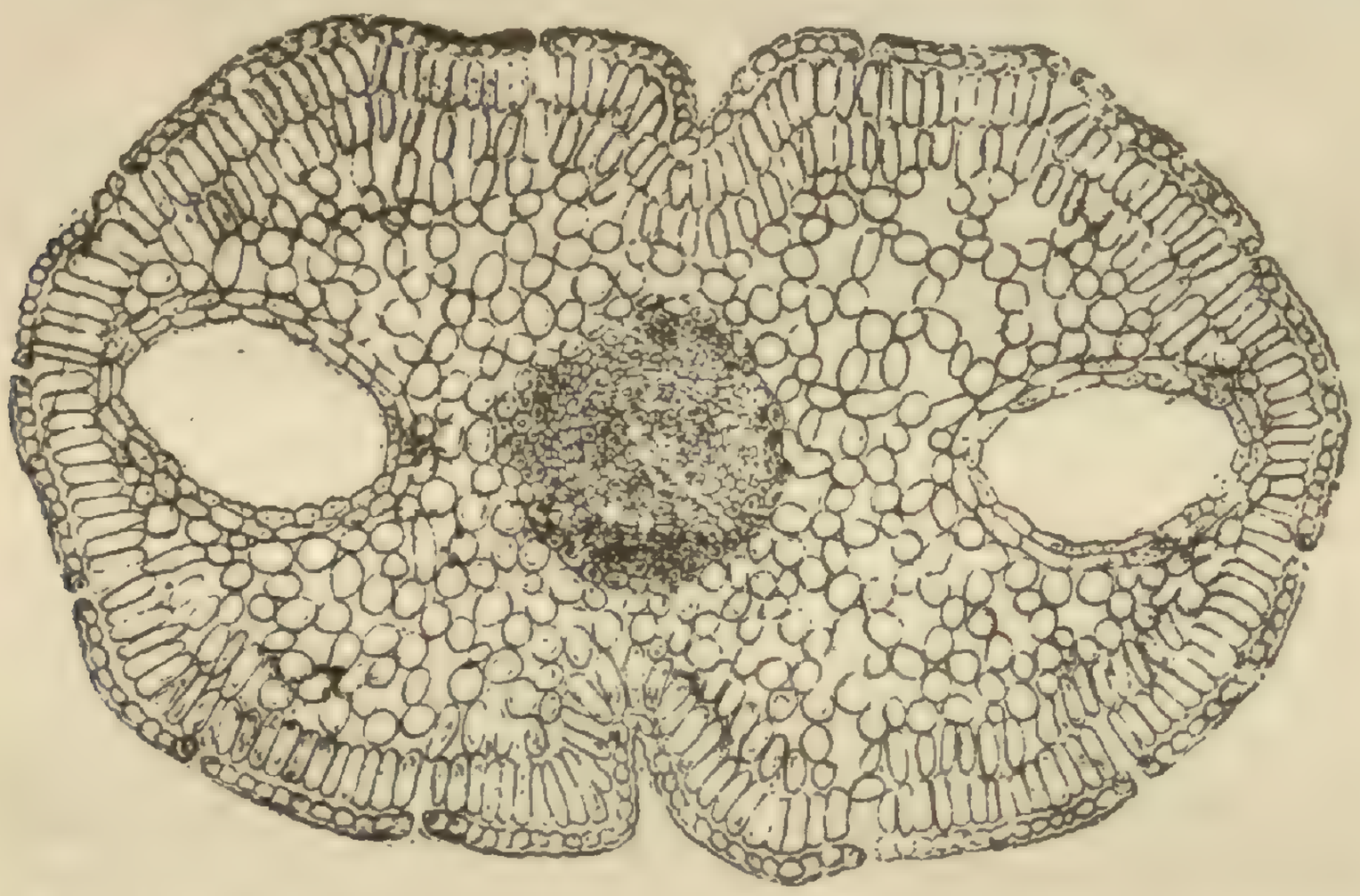


Fig. 80—Corte transversal de una hoja de sabina (*Jumperus sabina*) en la que se ve el corte de la epidermis con estomas, el mesófilo con el corte de dos canales secretores y en el centro un hacecillo líbero-leñoso.

El parénquima foliar varía en su disposición y estructura según los tipos ya mencionados.

El número de capas de células en cada una de las dos partes: empalizada ó esponjosa, es también variable, pero por lo general hay mayor número de capas de esponjosa que de empalizada. Todos los demás caracteres del mesófilo los hemos estudiado ya con algún detalle; no hay para que insistir.

En cuanto á las nervaduras, su distribución y estructura responde al tipo de plantas de que se trate.

En las Monocotiledóneas hay un número variable de manojos que transcurren paralelamente y atraviesan toda la hoja desde la base al vértice. En algunas, como en las *Palmaceas*, algunas *Escitamíneas*, etc., hay una disposición pinada, porque existe una nervadura central más desarrollada, de la que parten nervaduras perpendiculares, las que son paralelas entre sí y solo se unen por pequeñas anastómosis transversales. Generalmente el hacecillo va acompañado por un manojo de fibras, más ó menos esclerificadas, que se encuentran colocadas ó bien en todo el contorno, ó bien por arriba y abajo del hacecillo: á la existencia de esas fibras se debe la gran resistencia que presentan esas hojas para dejarse desgarrar perpendicularmente á su eje mayor y la facilidad con que se obtiene el mismo resultado en el sentido longitudinal.

En cuanto á la estructura de cada uno de los manojos es exactamente igual á la de los tallos, es decir, concéntricos y cerrados.

En las Gimnospermas y sobre todo en las Coníferas de hojas pequeñas, lineares ó escamiformes, se encuentra generalmente una sola nervadura central representada por uno ó dos hacecillos que tienen la misma estructura que la que poseen los de los tallos.

Generalmente, en estas últimas plantas la resistencia que otras hojas deben á la multiplicidad de hacecillos la obtienen por medio de la esclerificación de células del mesófilo, lo que se observa en regiones especiales del órgano y contribuyen á formar verdaderos estereomas.

En las hojas de las Graminóceas se notan d s particularidades dignas de tenerse en cuenta, aunque no sean exclusivas de ellas. Estas peculiaridades consisten esencialmente en la forma de las células del parénquima que se unen muy íntimamente entre sí y envían de sus paredes, pequeños y cortos tabiques al interior de la célula, lo que hace al tejido más fuerte y provee en parte á la falta de nervaduras en red, que son las que dan su mayor resistencia á las hojas de las Dicotiledóneas. La otra particularidad consiste en la existencia de un parénquima acuífero que se caracteriza por sus células de paredes delgadas y su contenido muy rico en agua. Esas células forman agrupaciones en forma de cuñas con su parte más ancha dirigida hacia la superficie de la hoja y la más angosta hacia adentro y su fin es el siguiente: durante los días muy calurosos del estío esas células se despojan de su exceso de agua, que pierden mucho más fácilmente que el resto de las células del parénquima. Esa pérdida da por resultado la retractación y como esto se repite en varias regiones de la hoja y en fajas paralelas á su eje mayor, de ello resulta que la hoja entera se arrolla ó pliega hacia adentro, disminuyendo grandemente la superficie de evaporación.

En las Dicotiledóneas el parénquima se reparte según los tipos ya mencionados y no tenemos más que agregar que en ellas se encuentran en mayor ó menor abundancia modificaciones esclerosas y en forma de fibras que ocupan diversas regiones del mesófilo y contribuyen, junto con la nervación en red, á dar mayor resistencia al órgano. Tendremos oportunidad de insistir al hablar de cada familia de las diversas particularidades que presentan los mesófilos de las correspondientes hojas.

Formaciones secundarias. — Son excepcionales en las hojas; las poseen algunas, según las mismas reglas que en el tallo, es decir, que los hacecillos que pasan de uno á otro órgano conservan á través del peciolo y de casi toda la lámina una faja de meristema intercalada entre el líber y el leño el que dividiéndose del mismo modo que en el tallo origina nuevos elementos fibro-vasculares, que no llegan nunca á tener la importancia que poseen las de los más insignificantes tallos. Sirven de ejemplo de formaciones líbero-leñosas secundarias en las hojas, la de algunos *Quercus*.

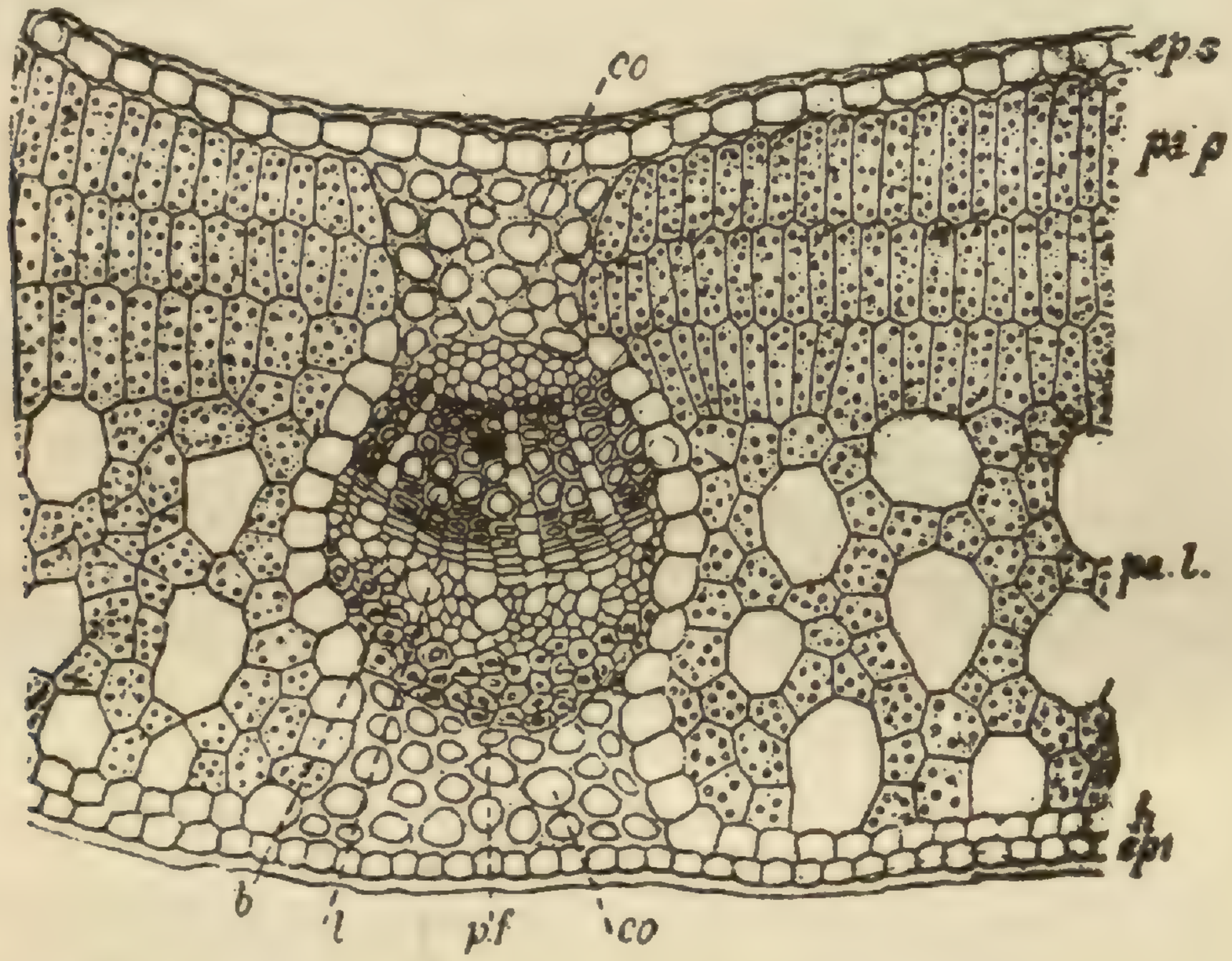


Fig. 51.—Corte transversal de una hoja *Arctostaphylos uva-ursi* al nivel de una nervadura, *l* liber—*b* leño—*pf.* periciclo fibroso—*co.* colénquima. Estos dos últimos constituyen aparatos mecánicos ó de sostén,—(Herail y Bonnet).

En cuanto á las formaciones secundarias corticales solo se las suele ver en algunas pérulas, escamas de las yemas que suelen suberificar su superficie.

Modificaciones de la estructura en las hójas acuáticas y subterráneas.—Se observan modificaciones que se efectúan de acuerdo con la naturaleza del medio y como una adaptación á nuevas funciones. En general puede decirse que estos órganos son más sencillos en su estructura.

Si observamos las escamas sub-terráneas de un rizoma, notaremos la cutinización mayor de la epidermis dorsal que de la ventral, porque la primera es la única que está en contacto con el suelo, y más aún, por debajo

de la capa epidérmica se ve frecuentemente una ó más capas accesorias que refuerzan el papel fisiológico de las primeras.

En estas hojas no se observa tampoco la diferenciación en un parénquima esponjoso y empalizádico, ni tampoco la clorófila como contenido intracelular. El parénquima es homogéneo y en medio de él se ven transcurrir los hacecillos libero-leñosos reducidos á su mínima expresión por la delgadez y exigüidad de sus elementos componentes.

Las catáfilas ó escamas de los bulbos son de una estructura análoga á las anteriores y se diferencian solamente, porque para desempeñar el papel de órganos de reserva, tienen el parénquima formado por células muy grandes, comunmente isodiamétricas y llenas de sustancias nutritivas que serán consumidas en la producción del tallo, hojas y flores, ú órganos supraterráneos.

Las hojas acuáticas sumergidas, se caracterizan por la ausencia de epidermis, propiamente dicha, que es reemplazada por las células parenquimáticas superficiales con contenidos clorofílicos repartidos igualmente en las diversas capas. Ese parénquima es muy esponjoso, permitiendo así la acumulación de grandes cantidades de aire en las lagunas del tejido.

Caida de las hojas.—Las hojas de las Dicotiledóneas que se desprenden por completo, en oposición á la de algunas Monocotiledóneas que solo lo hacen en parte, dejando adherente al tallo ó su peciolo ó toda la base, lo hacen por un mecanismo de suberificación. En efecto, cuando la hoja está próxima á terminar su misión envía al tallo la mayor parte de las sustancias útiles, que aún encierran sus tejidos, al mismo tiempo que en la base del peciolo, ó de la lámina, si es sesil, se hace ún meristema suberoso en continuidad con la misma capa del tallo. Ese meristema origina una capa de súber que también se continúa con la del tallo y que atraviesa todo el parénquima del órgano, respetando únicamente el cilindro central. Por encima de esa zona se hace otra llamada *aisladora* ó *separadora*, la que está formada por dos ó más hileras de células que encierran en su interior el exceso de sustancias nutritivas que la hoja manda al tallo. Finalmente, la lámina media, que se encuentra entre dos hileras de células de la capa aisladora, se gelifica y se hace la separación; no quedando adherida la lámina á su natural soporte más que por los hacecillos fibro-vasculares, los que fácilmente se desgarran por un esfuerzo cualquiera: corriente de aire ó peso de la misma lámina.

Cuando la hoja ha caído queda en el punto donde estuvo inserta una cicatriz cubierta por una capa suberosa; cicatriz que en la mayor parte de los casos desaparece con el tiempo, perdida entre las formaciones secundarias que van poco á poco constituyéndose.

CAPÍTULO VIII.

LA FLOR

40. Definición y naturaleza de la flor—Un conjunto de órganos foliáceos más ó menos transformados, que se diferencian para reproducir la especie, en las plantas Fanerógamas, se llama *flor*.

Decíamos que un conjunto de órganos foliacéos y en efecto, la flor debe ser considerada como una rama corta, de entrenudos casi inapreciables y que presta inserción a un conjunto de hojas, generalmente superpuestas en varios planos y que se denominan *ciclos ó verticilos* de la flor.

El estudio general de la flor, comprendiendo las formas, colocación y estructura de las diversas piezas que la componen, deja evidentemente demostrada la anterior aserción.

Si observamos el desarrollo de las formas, veremos que desde las brácteas que acompañan á la flor en su desarrollo, hasta los carpelos, hojas femeninas que ocupan la posición más interna, hay una diferenciación sucesiva y progresiva: de tal manera, que las brácteas se parecen aun mucho á las demás hojas del follaje; que las hojas que componen el primer verticilo (cáliz) se diferencian algo más, conservando sin embargo la coloración y estructura general de las hojas verdes; que en la corola, ciclo sub-siguiente, la diferenciación es más acentuada, pero no tanto que no nos permita establecer fáciles y aparentes comparaciones con las hojas de follaje; finalmente, en los ciclos propiamente de reproducción (androceo y gineceo) la diferenciación es aun más acentuada.

Si arrancamos pieza por pieza todas las hojitas que componen una flor, veremos que se encuentran insertas alrededor del *receptáculo* ó rama corta que las sostiene, de acuerdo en un todo con las leyes de la *filotaxia* que hemos mencionado; aunque las inserciones florales obedecen más generalmente al tipo de inserción verticilada, que es, por el contrario, el menos frecuente para las hojas vegetativas.

Hay flores que por tener sus diversas hojitas insertas según el tipo espiralado se prestan admirablemente para el estudio de la metamórfosis progresiva de sus diversos ciclos. Encontraremos ejemplos de esta forma de inserción en las familias de las *Ranunculaceas*, *Magnoliaceas*, etc; pero constituye un ejemplo, por decir así, clásico, la *Nymphea alba* de la familia de las *Ninfeaceas*, por tener sus tres ciclos más externos: cáliz, corola y androceo, dispuestos segun el tipo espiralado y permitiendo, por consiguiente, seguir la transformación paulatina de las brácteas en piezas calicinales, las de estas, en corolinas y las corolinas en hojas reproductoras masculinas.

Fig. 82.—Metamórfosis regresiva de un estambre de clavel en un pétalo.

Fases sucesivas de la transformación.

Las metamórfosis florales de las hojas pueden hacerse según el tipo *progresivo* ó *regresivo*, en el sentido de que piezas pocos diferenciadas como las del cáliz se transforman en otras, más diferenciadas como las de la corola, ó bien en el segundo caso que piezas profundamente diferenciadas como las de los ciclos propiamente reproductivos (androceo y gineceo) se transformen en piezas del cáliz ó de la corola.

Estas afirmaciones no son simplemente teóricas: hay por el contrario, gran cantidad de flores que en circunstancias especiales, cuya precisa determinación se nos escapa á veces, permiten la observación de todas estas transformaciones. Nos limitaremos á mencionar, ya que los límites de este libro no nos permiten extendernos más, el ejemplo más común de metamórfosis regresiva, que es dado observar á cualquiera que tenga la curiosidad de analizar la composición de una flor de las llamadas *dobles*: sea rosa, clavel, gardenia, etc. En esas flores las hojas masculinas sufren, por la abundante nutrición que les ofrece el cultivo la metamórfosis regresiva en pétalos y es fácil encontrar varios grados de la transformación en una misma flor (fig. 82).

Cuando estudiemos la estructura de cada una de las hojas florales encontraremos nuevo argumento para demostrar el orígen foliáceo de la

flor y la diferenciación sucesiva de los diversos ciclos, desde el cáliz hasta el gineceo.

En resúmen: atendiendo á las formas de las piezas florales, á su colocación con arreglo á las reglas de la filotaxia á las metamórfosis progresivas y regresivas de que son susceptibles y á su estructura, la flor es un conjunto de hojas más ó menos transformadas, insertas sobre una rama corta: el receptáculo floral.

Ciertas monstruosidades nos suministran también argumentos en favor del orígen foliáceo de la flor. Normalmente, la existencia de una flor en la extremidad de una rama significa el fin del crecimiento de esta. Hay sin embargo algunas flores, (*Rosa prolifera*), en las que el pedúnculo ó eje floral continúa su desarrollo después de la flor, observándose por encima de ella la prolongación de la rama, que soporta en su extremidad, ú otra yema floral más ó menos completa ó una yema vegetativa.

41. Carácteres generales.—FLOR COMPLETA.—Una flor *completa* consta de cuatro ciclos ó verticilos que se denominan: *cáliz*, *corola*, *androceo* y *gineceo*, contando de afuera hacia adentro ó de abajo hacia arriba.

Estos cuatro ciclos están formados por piezas que se denominan *sépalos*, *pétalos*, *estambres* y *carpelos* respectivamente para cada uno de los cuatro, y en el orden en que fueron nombrados.

La importancia de los cuatro ciclos es muy desigual, puesto que el cáliz y la corola que en conjunto reciben el nombre de *perianto*, no son más que órganos de cubierta ó protección, siendo los verdaderamente esenciales ó reproductores el androceo y el gineceo.

Las diversas piezas florales se insertan en la extremidad más ó menos abultada de una rama, que recibe el nombre de *pedúnculo*; si el pedúnculo no existe se dice que la flor es *sesil* ó *sentada*.

La parte terminal y abultada del pedúnculo floral se denomina *receptáculo* ó *toro* y puede ser completamente plana, como en la mayor parte de las flores, convexa como en la flor de la *fresa* (*Fragaria vesca*) ó más ó menos cóncava, hasta el extremo de simular, á veces, una especie de copa ó cavidad, como se observa en las *rosas*.

Próximas á la flor se encuentran hojas más ó menos modificadas que se denominan *brácteas*. Generalmente, el pedúnculo floral se origina en la axila de una de ellas, que, por este hecho, recibe el nombre de bráctea madre, y sobre el mismo eje floral y á distancias y según tipos de inserción muy diversos suelen observarse nuevas hojas bracteales.

Algunas veces estas hojas se colocan inmediatamente por debajo del cáliz y constituyen un aparato de protección accesorio que se denomina *involucro*.

Cualquiera que sea el tipo de la inserción de las hojas vegetativas de una planta, las hojas florales se insertan comunmente según el tipo verti-

cilado y, siguiendo las reglas establecidas, las piezas de cada verticilo ocupan ortósticas alternas con las del verticilo anterior y posterior. Esta disposición, como fácilmente se comprende, está sometida á múltiples excepciones que derivan de la forma de inserción espiralada, que se observa en algunas familias naturales, ó bien del hecho de la inserción superpuesta de piezas en la inserción verticilada.

Flor incompleta. — Es la que carece de uno ó de varios de los verticilos descriptos.

Hay flores que tienen su perianto reducido á un solo ciclo; que en tal caso se denomina cáliz (*Anémona*). Son flores *desnudas*, *aperiantadas* ó *apétalas* las que carecen de todo ciclo de protección; como se observa en las flores de los *sauces* (*Salix*), de las *Craminάceas*, de algunos *fresnos* (*Fraxinus*), etc.

La carencia de verticilos puede ser en los de los órganos de la reproducción. Una flor con androceo y gineceo se denomina *hermafrodita* ó *monoclinica* y se indica su sexualidad con este signo ☿. Si la flor carece de androceo ó de gineceo se denomina *unisexual* ó *diclínica;* pudiendo ser *femenina* ó *masculina*; sexualidades que se indican con los signos de los planetas Venus, para las femeninas y Marte para las masculinas: ♀ y ♂ respectivamente.

Por condiciones especiales y sobre todo en las flores *dobles*, así obtenidas por el cultivo, los órganos sexuales faltan por completo y entonces la flor se denomina *neutra* ó *estéril.*

La flor puede ser neutra por transformación de uno ó de los dos ciclos reproductivos en pétalos, ó bien, por no haberse desarrollado estos órganos. Sirvan de ejemplos de las primeras cualquiera de las flores dobles: *camelias*, *rosas*, *claveles*, etc.: y de las segundas las flores superiores de algunas espiguillas de Graminάceas, en las que no se observa más que un esbozo de los órganos de la reproducción.

Cuando una planta posée en el mismo pié ó individuo flores masculinas y femeninas, que pueden encontrarse en la misma rama ó en ramas diferentes, se dice que es *monóica*. Ejemplos: el *maiz* (*Zea mais*), el *ricino* (*Ricinus comunis*).

Cuando una planta de flores unisexuales las posée en dos pies ó individuos distintos se dice que es *dioica*. Ejemplos: el *ombú* (*Phytolacca dioica*), el *datilero* (*Phœnix dactilifera*), etc.

Hay plantas que teniendo flores hermafroditas, pueden tener algunas flores unisexuales, por aborto de uno de los ciclos generadores y en tal caso se dice que es *poligámica*. Ejemplo: la *hortensia* (*Hydrangea Japonica*) algunas *Begonias*, etc.

Cuando las diversas piezas de los ciclos de la flor son iguales y equi-

distan del eje, ó en otros términos, cuando varios de los planos que pasan por el eje de la flor la dividen en dos partes iguales ó equivalentes se dice que la flor es *regular* ó *actinomorfa*, y es *irregular* ó *cigomorfa* cuando los diversos ciclos no están colocados simétricamente alrededor del eje; en tal caso la flor no tiene comúnmente más que un solo plano de simetría que pase por su eje y la divida en dos partes iguales ó equivalentes. Son flores actinomorfas, los *jazmines* (*Jazminum*), las *rosas*, las *azucenas* (*Lilium*), etc. Son cigomorfas: las *violetas* y *pensamientos* (*Viola*), las *madreselvas* (*Lonicera*), las *orquídeas*, etc.

En algunos casos la irregularidad de la flor es tan grande que no posee ni un plano de simetría. Esas irregularidades se observan en uno solo de los ciclos, pero son suficientes para alterar toda la simetría floral. Es lo que sucede con los androceos de las *Valerianas*, de algunas *Escitamíneas*, etc.

Cuando una flor posee el mismo número de piezas en todos sus ciclos, se llama *isómera*, como las *azucenas*.

Fig. 83.—Diagrama de una Liliácea. — El círculo superior indica el corte del eje floreal. La figura inferior señala la bráctea madre. Las tres piezas sombreadas transversalmente, el cáliz: las tres más interiores, negras, la corola, las seis figuras subsiguientes, en dos ciclos, el androceo, y el centro está ocupado por el esquema del gineceo.

Cuando el número de piezas es distinto, aunque la diferencia sea en un solo verticilo se dice que es *heterómera*. El ciclo heterómero puede ser *oligómero* ó *polímero*. Es oligómero cuando posee menor número de piezas que los otros ciclos, y polímero en el caso contrario. Es oligómero el gineceo de la mayor parte de las *Solanaceas*, que solo consta de dos carpelos cuando los otros ciclos tienen cinco piezas y es polímero el androceo de las *Mirtaceas*, que posee un número de estambres mucho mayor que sépalos, pétalos y carpelos.

Diagramas. — Todas ó casi todas las particularidades de los distintos verticilos y de sus piezas florales: las formas, tamaños proporcionales y colocación de las piezas, etc., pueden ser representadas en figuras denominadas *diagramas*, en las que cada ciclo ocupa arcos de la misma circunferencia, y en donde pueden representarse con bastante exactitud las diversas modalidades de la flor (fig. 83).

A pesar de que al comenzar este capítulo hemos dicho que la flor es el órgano de reproducción de las Fanerógamas, todo lo que hasta ahora hemos visto y lo que más adelante describiremos se refiere casi exclusivamente á la flor de las Angiospermas. La de las Gimnospermas la estudiaremos en la parte especial, estableciendo comparaciones con la de las Angiospermas.

42. Inflorescencias.—La inflorescencia es el modo de agruparse ó de ramificarse de los ejes florales. No es más que un párrafo de la ramificación ya estudiada; pero como son las ramas fiorales las que mayor variedad de ramificación ostentan y como esa misma variedad eonstituye en muchos casos un caracter útil para la clasificación, su conocimiento exige estudio aparte.

Las fiores pueden encontrarse propiamente en inflorescencia, ó sea agrupadas en mayor ó menor número; ó bien estar aisladas en la extremidad de un eje floral; entre los dos extremos hay gran cantidad de variedades. Cuando la inflorescencia es aislada ó solitaria, puede ser *terminal* ó *axilar*, términos que por si mismos se explican.

Las inflorescencias agrupadas ó inflorescencias propiamente dichas, responden á dos tipos: *racimoso* y *cimoso*, cada uno de los cuales tiene gran número de variedades.

INFLORESCENCIA RACIMOSA.—La inflorescencia racimosa, así llamada

Fig. 84—Esquemas de inflorescencias racimosas—*A*. racimo simple—*B*. racimo compuesto—*C*. corimbo simple—*D*. corimbo compuesto—*E*. espiga simple—*F*. espiga compuesta—*G*. amento—*H*. piña ó estróbila—*I*. espádice—*J*. umbela simple—*K*. umbela compuesta—*L*. capítulo—*M*. sícono.

por constituír su tipo la inflorescencia en racimo es también llamada *centrípeta* é *indefinida*. Es indefinida, porque en ella el eje principal ó *ráquis* de la inflorescencia no termina generalmente en una flor, y tiene pues, un crecimiento indefinido; y es centrípeta porque las flores van des-

arrollándose y abriendo de la periferia al centro, en las inflorescencias horizontales y de abajo arriba en las verticales; lo que viene á ser la misma cosa, como enseguida veremos.

El *racimo simple* es una inflorescencia que posee un eje común de crecimiento indefinido, que produce ramas de segundo orden, cada una de las cuales termina en una flor. Ejemplos: *digital* (*Digitalis purpurea*), *reseda* (*Reseda luteola*), etc.

El racimo es *compuesto* cuando las flores no son llevadas por ejes de segundo orden, sino de tercero, cuarto, etc., ó en otros términos, cuando los ejes emanados del ráquis vuelven á ramificarse. El racimo compuesto se llama también *panículo* ó *panoja;* y nos suministran ejemplos de él, la *viña* (*Vitis vinifera*), la *yuca* (*Yucca gloriosa*), etc. Cuando la ramificación se efectúa más intensamente en el centro de la inflorescencia, tomando toda ella una forma elipsoidal ú ovoidal se llama *tirso*. Ejemplo: algunas especies del género *Sirynga*.

El *régimen*, inflorescencia de muchas Palmáceas, es un racimo compuesto caracterizado por la existencia de una gran bráctea acartuchada, de cuyo interior sale el eje floral.

El *corimbo* es un racimo en que los ejes de segundo orden crecen rápidamente hasta llegar á la altura del eje principal, Ejemplo: las inflorescencias del *peral* (*Pyrus comunis*). El corimbo puede ser compuesto cuando los ejes de segundo orden vuelven á ramificarse.

La *espiga* es una inflorescencia cuyas flores son sostenidas directamente por el eje principal. Cuando alrededor del ráquis y según tipos de inserción variados se encuentran flores sesiles aisladas, la espiga es simple. Ejemplo: el *llantén* (*Plantago*), *pimientas* (*Piper*), etc. Cuando en lugar de una flor se insertan varias, la espiga es *compuesta*, como en el *trigo* (*Triticum sativum*), el *centeno* (*Secale cereale*), etc.

El *amento*, es una espiga de flores incompletas y comunmente péndula y caduca. Ejemplos: inflorescencias masculinas y femeninas de los *sauces* (*Salix*), masculina del *nogal* (*Juglans regia*), etc.

El *espádice* es una espiga, generalmente de ráquis grueso y de flores unisexuales, y caracterizada por la existencia de una bráctea, de tamaño y coloración variada, que se denomina *espata*. Es la inflorescencia común de las *Aróideas*.

El *cono, piña ó estróbila* es una espiga de eje grueso y generalmente leñoso que lleva sus flores unisexuales en las axilas de brácteas muy desarrolladas. A ella deben su nombre las Coníferas; pero se la observa también en otras familias. Ejemplo: inflorescencia femenina del *lúpulo* (*Humulus lupulus*).

La *umbela* es una inflorescencia caracterizada por la exigüidad del eje principal, que no crece á lo largo sino á lo ancho, de modo que

de su extremidad más ó menos abultada salen los ejes de segundo orden que terminan cada uno por una flor, si la umbela es *simple* y que vuelven á ramificarse, constituyendo *umbélulas*, si la umbela es compuesta. La umbela lleva generalmente una corona de brácteas que se denomina *involucro*, cuando se desarrolla al rededor de la inflorescencia total, é *involucelo*, cuando lo hacen al rededor de las umbélulas. A este tipo de inflorescencia deben su nombre las *Umbelíferas*, casi todas de umbelas compuestas.

El *capítulo* es una inflorescencia de ráquis muy ancho y de flores sesiles. El ráquis puede ser globuloso como en los *tréboles* (*Trifolium*) algunos *aromos* (Acacia), etc.; ó bien, como en las *Compuestas*, puede ser más ó menos plano, cóncavo ó convexo.

En las Compuestas la inflorescencia va, muy comunmente, protegida por un conjunto de brácteas que forman un involucro y el ráquis ó receptáculo suele llevar depresiones ó *alveolos*, en donde se insertan las flores sesiles. Una forma del capítulo es el *sícono* de las higueras (Ficus) en el que la concavidad del receptáculo llega al extremo de formar una cavidad cerrada en cuyo interior se desarrollan las flores.

INFLORESCENCIAS CIMOSAS. — El tipo de estas inflorescencias y al que deben su nombre, es la *cima*. La inflorescencia cimosa es también llamada *definida* ó *centrífuga*. Es definida porque su principal característica es la de que el eje floral cesa en su crecimiento porque termina en una flor, y es centrífuga porque, por el mismo hecho de su desarrollo, la eflorescencia ó apertura floral se hace desde el centro hacia la periferia.

La variedad más sencilla de estas inflorescencias es la cima *unípara* la que se caracteriza porque el eje principal cesa en su crecimiento por desarrollar una flor; pero en la axila de una hoja que se encuentra más abajo se origina otra rama que termina á su vez por su correspondiente flor. En algunos casos se repite la ramificación simpodial que ya hemos estudiado con el tallo.

La cima unípara es *escopioide*, cuando por la falta de desarrollo de las brácteas y la formación de los ejes secundarios siempre en la misma dirección, se forma una inflorescencia en espiral; ejemplo, el *miosotis* (*Myosotis palustris*). Cuando la ramificación se hace alternativamente á derecha é izquierda, la cima es llamada *helicoidal* ó *cincinal*.

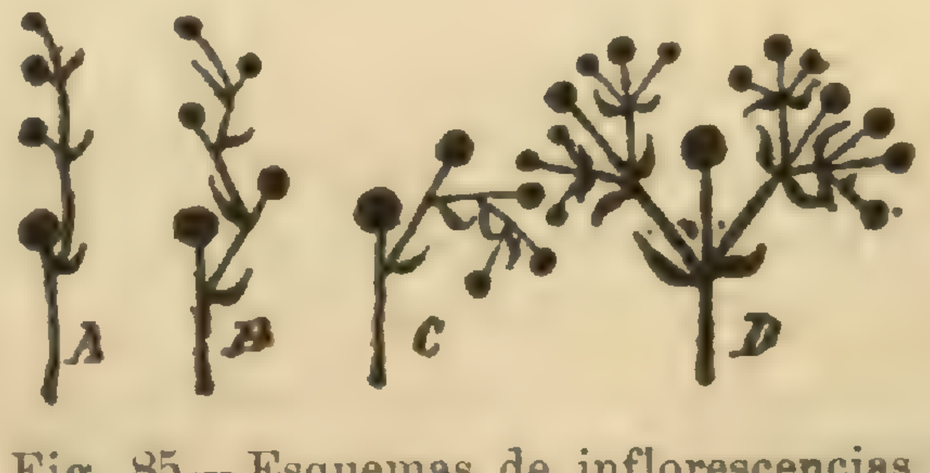


Fig. 85 — Esquemas de inflorescencias cimosas—*a*, cima unípara simpodial—*b*, cima unípara cincinal—*c*, cima unípara bostricoide—*d*, cima bípara.

La cima *bípara* ó *dicótoma* es la que origina por debajo de la flor

terminal, y en la axila de dos brácteas opuestas, dos ramas que se comportan á su vez de la misma manera. Ejemplo: la *Gypsophylla paniculata*.

Cuando el número de ramas que se originan es mayor de dos, la cima se denomina *polifurcada* ó *policasio*.

Las inflorescencias cimosas pueden simular todas las variedades de la racimosa, encontrándose cimas-racimo, cimas umbela, etc. Pero en cualquier caso la diferenciación es facil atendiendo al orden del desarrollo de las flores, que comienza por el centro de la inflorescencia en las cimosas y por la periferia en las racimosas.

Cuando las cimas tienen sus ejes contraídos y se acumulan en forma de falsos capítulos, reciben el nombre de *glomérulos*.

Finalmente, todas estas variedades de inflorescencias son susceptibles de combinarse entre sí, ó de pasar por modificaciones que las hagan colocar entre uno ú otro tipo. Así, por ejemplo, en la familia de las Compuestas no es raro encontrar que los capítulos se agrupen en racimos ó corimbos; en las Graminàceas suelen observarse el panículo de espigas (*Avena*, inflorescencias masculinas del *maíz*, etc.); y los mismos racimos compuestos, son casi siempre racimos de cimas. Todas estas combinaciones constituyen las inflorescencias *mixtas*.

43. Cáliz.—El cáliz, ciclo el más externo de la flor, está compuesto por hojas llamadas *sépalos*.

Los sépalos son comunmente de color verde, como las hojas de que derivan; cuando los sépalos son coloreados se dice que el cáliz es *corolino* ó *petalóide*. En muchas Monocotiledóneas (*Liliaceas*, *Irídeas*, etc.) el cáliz y la corola son de aspecto petalóide.

Las formas de los sépalos son muy variadas: tantas como las de las láminas foliáceas. Los hay de bordes enteros ó de bordes más ó menos ramificados: espinosos, aflecados, ondulados, etc.

Cuando los sépalos de un cáliz están libres desde la base al vértice se dice que el cáliz es *dialisépalo* y es *gamosépalo*, cuando hay concrescencia de los mismos en cualquiera parte de su extensión.

Cuando la concrescencia solo se hace en la base se dice que el cáliz es *partido;* siendo *tripartido*, *pentapartido*, *multipartido*, etc., según el número de piezas que lo formen; cuando la concrescencia se establece hasta la mitad más ó menos de su extensión, el cáliz es *hendido*, aplicándose los términos de *trifido*, *pentáfido*, etc., según el número de piezas; finalmente, cuando la concrescencia se establece en toda la extensión del ciclo, no quedando libre más que los ápices de cada hoja, se trata de cálices *tridentados*, *pentadentados*, *multidentados*, etc.

El cáliz puede ser *regular* ó *irregular;* lo que hemos dicho de la flor entera puede ser aplicable únicamente á este ciclo.

El número de sépalos que componen á un cáliz es generalmente el mismo del de los pétalos de la misma flor: muy comunmente cuatro ó cinco en las Dicotiledóneas y tres en las Monocotiledóneas; hay sin embargo una gran cantidad de excepciones.

Las formas del cáliz dialisépalo son las de los sépalos que lo forman. En el gamosépalo se distinguen los *labiados*, *tubulares*, *rotáceos*, etc.; los mismos términos que se aplican á la corola y que más detenidamente estudiaremos con este ciclo.

Algunas flores presentan por fuera del verdadero cáliz, otro ciclo de hojas más ó menos parecidas que constituyen lo que se llama *para-caliz* ó *calicula*.

El para-cáliz tiene un origen distinto según las flores que se consideren. En los *claveles*, (*Dianthum*), por ejemplo, el para-cáliz tiene un origen bracteolar, porque en la misma rama se encuentran diversos grados de transformación de las hojas, desde las de follaje, hasta las que constituyen á este ciclo. En las *fresas* (Fragaria) y muchas otras Rosáceas, el paracáliz es considerado como de origen estipular, porque en estas plantas las hojas del follaje van siempre acompañadas por estípulas y por no poderse demostrar el origen bracteolar de las hojas, por no haber formas intermediarias. Se encuentra también para-cáliz en algunas *Convolvuláceas*, en muchas *Malváceas*, etc.

El cáliz puede ser, por lo que se refiere á su duración, caduco, deciduo, persistente y acrescente.

El cáliz *caduco* es aquél que cae antes de la antesis, es decir cuando la flor está aún en estado de botón, como se ve en las *amapolas* (*Papaver*).

Es *decíduo* cuando persiste hasta el momento de la polenización; forma, esta, muy comun de cáliz.

El cáliz *persistente* es aquel que sigue acompañando al fruto en su desarrollo, como se observa en muchas *Rosáceas* (las *fresas*, entre otras). Cuando el cáliz persiste acompañando al fruto, pero se deseca y marchita, se dice que es *marcescente*, como en los *convolvulus*, las *malvas*, etc.

El cáliz es, por fin, *acrescente* cuando no solo se limita á acompañar al fruto sinó que crece para envolverlo y protejerlo. Nos suministran ejemplos los cálices de *Physalis*, de *granado* (*Punica*), de muchas *Compuestas*, etc.

Es notable la influencia que tiene la polenización en la mayor ó menor duración del perianto. Experimentos practicados con orquideas, demuestran cumplidamente esa influencia. En efecto basta tomar dos flores de la misma planta y de igual edad y desarrollo y dejar que se efectúe la polenización en una de ellas é impedirla en la otra por un artificio cualquiera. La primera marchita enseguida su perianto, que persiste mayor tiempo en la segunda. A esa influencia se debe probablemente la mayor duración del perianto en las flores estériles (flores dobles).

Estructura y desarrollo.—La estructura de los sépalos es análoga á la de las hojas del follaje. Entre dos epidermis, iguales ó diferentes, se encuentra un mesófilo formado por células parénquimaticas más ó menos clorofílicas y que comunmente no forman una esponjosa, sino un parénquima más ó menos homogéneo. En medio de ese mesófilo transcurren hacecillos fibro-vasculares que tienen exactamente la misma estructura y distribución que los de los tallos y hojas de la misma planta.

La epidermis, suele estar provista de estomas; variando su situación, en la cara interna ó en la externa, según la posición del sépalo.

A la misma razón obedece la mayor ó menor cantidad de cloroleucitos, más abundantes cerca de la epidermis interna, cuando el sépalo está bien abierto y presenta su cara superior á la luz y más abundantes en la cara opuesta, en el caso contrario.

Los sépalos se originan de un modo análogo, también, al de las hojas. Sus primeros esbozos los encontramos bajo forma de pequeños mamelones situados en la periferia del receptáculo floral. El meristema que opera su crecimiento es generalmente intercalar y á las variadas situaciones que ocupa se debe la concrescencia ó separación de los sépalos. En el cáliz gamosépalo se forma todo un anillo meristemático alrededor del receptáculo y por debajo de los vértices de los mamelones. En el dialisépalo, por el contrario, el meristema, que al principio formaba un anillo completo, se diferencia en tantos segmentos cuantos sépalos vayan á resultar y las tabicaciones sucesivas de sus células provocan el crecimiento y completo desarrollo de la pieza.

44. Corola.—Es el segundo ciclo ó verticilo de la flor y está formada por los *pétalos*, que son comunmente de colores variados y más ó menos brillantes y los que dan á la flor su fisonomía especial. Algunas veces, sin embargo, son de color verde ó amarillento, poco vistosos y en tal caso se dice que la corola es sepalóide, como se observa en las flores del orden de las Junciineas (Palmáceas).

Las formas de los pétalos son muy variadas, pero entre las principales pueden mencionarse los pétalos *unguiculados*, ó con uña (clavel) caracterizados por una larga prolongación, muy angosta, por medio de la cual se insertan, y que morfológicamente representa al peciolo de las hojas verdes; los pétalos en *cornete* ó *espolonados*, en los que hay un arrollamiento de toda la hoja hasta dejar una cavidad interior, como se los observa en los *pensamientos*, en muchas *Ranunculaceas* y *Tropeolaceas*, etc. Los pétalos pueden ser *apendiculados*, teniendo en la mitad de su lámina apéndices foliáceos, aflecados, filamentosos, etc., y que son considerados morfológicamente como las lígulas de las Gramíneas. Cuando el desarrollo de esos apéndices es grande y su colo-

ración muy distinta de la de los pétalos se destacan mucho en la flor, formando lo que se denomina *corona* ó *paracorola*, como se observa en los *narcisos*, *junquillos*, *miosotis* etc.

Cuando los pétalos están colocados libremente alrededor del receptáculo floral la corola es *dialipétala*, y *gamopétala*, cuando están soldados. En la corola gamopétala se llama *tubo* la parte soldada inferior, *garganta* la intermediaria, y limbo á la parte libre y más ó menos abierta.

La corola puede ser regular ó actinomorfa é irregular ó cigomorfa; siendo excepcional que su regularidad ó irregularidad no determine también la regularidad ó irregularidad de toda la flor.

El número de pétalos es más ó menos igual al de los sépalos, comunmente mayor; y en las flores *dobles*, obtenidas por la transformación regresiva que el cultivo determina en los estambres, son muy numerosos (*rosas*, *claveles*, *alhelíes*, etc.

Por la abundante nutrición que el cultivo proporciona á las plantas, pueden obtenerse flores dobles que tengan un número de pétalos mucho mayor que la suma de los pétalos normales y los estambres tranformados. El cultivo puede pues determinar la aparición de nuevas piezas florales. Sirva de ejemplo el alhelí ya mencionado, las *violetas*, etc.

La determinación de las formas de la corola tiene mucha importancia en sistemática; describiremos pues, las formas principales, atendiendo á la regularidad ó irregularidad y á la concrescencia ó independencia de los pétalos.

Las corolas *dialipétalas regulares* pueden ser *rosáceas*, cuando están formadas por cinco pétalos de escasa uña; *cariofiláceas*, cuando como en el clavel los pétalos poséen una larga prolongación, por la que se insertan; *malvacea*, cuando son más ó menos escotados en su borde y se insertan en un anillo común formado por los estambres concrescentes; y *crucífera*, cuando hay cuatro pétalos insertos en el mismo verticilo y en las extremidades de dos diámetros que se cortan perpendicularmente.

De las *dialipétalas irregulares* solo se describe la corola *papilionacea*, caracterizada por la presencia de un pétalo superior llamado *estandarte* que recubre á dos laterales denominados *alas*, los que á su vez cubren á dos inferiores y más ó menos concrescentes que constituyen la *quilla* ó *carena*. Es la corola propia de las *Leguminosas-Papilionáceas*, á las que pertenecen las *habas* (*Vicia faba*), los *porotos* ó *judías* (*Phaseolus*) la *retama* (*Citysus*), la *alfalfa* (*Medicago sativa*), etc.

Todas las demás corolas de este grupo reciben la denominación general de *anómalas* y se las describe en particular.

Las corolas *gamopétalas regulares* comprenden las rotáceas, las tubulares, las infundibuliformes, las campanuladas, las urceoladas y las hipocrateriformes.

Son *rotáceas* las corolas aplanadas, de tubo corto ó nulo, como las de la *papa* (*Solanum tuberosum*), las del *miosotis* (*Miosotys palustris*), etc.

Las corolas *tubulares*, son las que tienen los pétalos de tal modo concrescentes que forman un tubo más ó menos alargado, como se observa en las flores centrales de las *Compuestas-radiadas*.

Las *infundibuliformes*, son las que tienen forma de embudo; más ó menos estrechadas en su base y abiertas en su parte libre. Ejemplo la enredadera vulgar denominada *campanilla* (*Convolvulus arvensis*).

Las *campanuladas* son las que tienen un tubo dilatado desde su base y que se abre más arriba en forma de campana. Ejemplo: la *beladona* (*Atropa belladona*).

Las *urceoadas* ó en forma de *urna* son las corolas que después de haberse dilatado en su parte media vuelven á estrecharse al nivel de la garganta, como se ve en el *huevo de gallo* (*Salpichroa romboidea*).

Finalmente es *hipocrateriforme*, la corola que, tubular en su parte basilar, se dilata bruscamente al nivel de la garganta, haciéndose plana y más ó menos perpendicular al eje del tubo. Ejemplo: los *jazmines* llamados del país (*Jazminum*) y muchas de nuestras *Solanáceas* indígenas, como la *flor de sapo* (*Jaborosa integrifolia*, la *lámpara* ó *tardilla Nicotiana acutiflora*) etc.

Las gamopétalas irregulares son las labiadas, las personadas y las liguladas.

Las *labiadas* son corolas pentapétalas, en las que la concrescencia de las piezas se hace en forma de tubo en la parte inferior; pero al nivel de la garganta tres pétalos se separan por un lado y dos por otro, originando dos especies de labios.

Es la corola típica de las *Labiadas* (*romero*, *albahaca*, *menta*, *salvia*, *alhucema*, etc.) y se la encuentra también en algunos capítulos de *Compuestas*.

La corola *personada* ó *enmascarada* es una corola labiada, cuya garganta está cerrada por una prolongación del labio inferior, que se denomina *paladar* ó *lengua*; es común en la familia de las *Escrofulariáceas* como en el *conejito* (*Antirrhinum majus*), la *linaria* (*Linaria vulgaris*), etc.

La corola *ligulada* es característica de las *Compuestas-Chicoreas* y de las flores periféricas de las *Compuestas-Radiadas*, y se caracteriza por la desviación de tres ó cinco pétalos en la misma dirección, soldados borde á borde y en forma plana.

La duración de la corola es menor aún que la del cáliz; generalmente cae en cuanto la fecundación se ha efectuado; excepcionalmente persiste desecada y membranosa en algunos *tréboles* (*Trifolium*). En las flores de perianto sepalóide de las Palmáceas persisten los dos ciclos.

Las corolas *efímeras* duran muy poco tiempo. Hay corolas efímeras *diurnas* y efímeras *nocturnas*. Las primeras abren por la mañana y se cierran durante el día, para volver á abrirse á la noche y luego marchitarse y caer. Ejemplo: la corola de la *campanilla vulgar* (*Convovulus arvensis*). Las efímeras *nocturnas* son las que se abren durante la noche y al día siguiente se marchitan y caen. Se las observa en algunas *Cactaceas*.

Estructura y origen.—El orígen es análogo al de las piezas del cáliz; no hay porqué insistir.

La estructura de los pétalos es también semejante á la de los sépalos, distinguiéndose sobretodo, por la ausencia más ó menos completa de la clorófila entre los contenidos celulares, que está reemplazada por otros pigmentos que impregnan á leucitos que primitivamente fueron cloroleucitos. La epidermis suele tener en el jugo celular de sus células un pigmento especial: el *antociano*, que contribuye á dar sus brillantes colores á este ciclo. Las células epidérmicas son á veces alargadas en forma de papilas, que dan su aspecto aterciopelado á algunas flores (*pensamientos-Viola tricolor*) y que hemos denominado *epitelio*. Las nervaduras, de constitución y distribución análoga á la de los sépalos, son sin embargo, más delicadas.

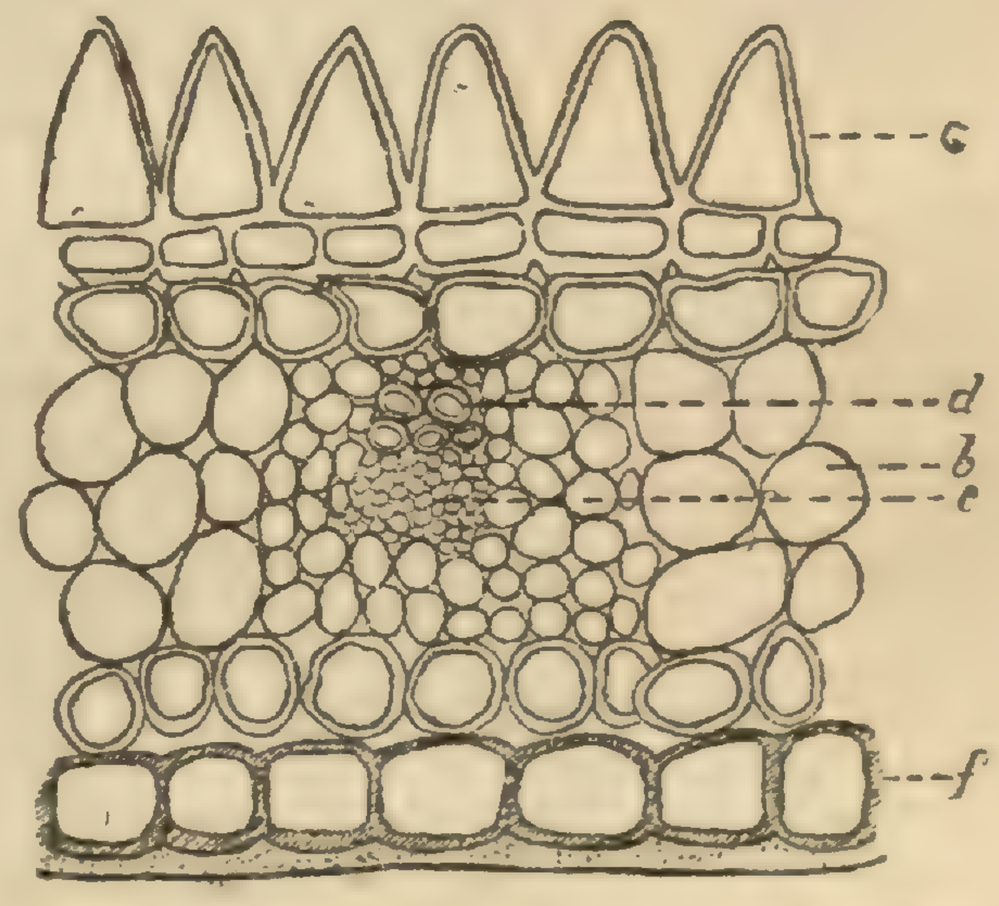


Fig. 86 — Corte semi-esquemático de un pétalo—*a*, epitelio con papilas—*b*, parénquima ó mesófilo—*c*, líber—*d*, leño—*f*, epidermis inferior.

46. Prefloración.—Las posiciones relativas que guardan los sépalos y los pétalos en el botón, constituyen lo que se denomina prefloración.

Se dice que la prefloración es *valvar* cuando las diversas piezas se tocan por sus bordes sin recubrirse, como se observa en el cáliz de las *malvas*.

Es *valvar induplicada* cuando los bordes de las piezas florales están ligeramente invertidos hacia adentro, de modo que no se tocan propia-

mente por los bordes sino por una parte de la cara externa; en la *valvar reduplicada* la inversión de los bordes se hace hacia afuera y se tocan por consiguiente por su cara interna.

La prefloración es *torcida*, cuando cada pieza es cubierta por uno de sus bordes y cubre á la vecina con el otro: corola de la *malva* (*Malva comunis*) del *chamico* (*Datura stramonium*), etc. La prefoliación *decusada* se la observa en ciclos de cuatro piezas, de las cuales quedan dos internas y dos externas (corola de *amapola* (*Papaver*). Es *imbricada*, cuando habiendo cinco piezas, tres son alternativamente de borde interior ó de borde exterior y las dos restantes y vecinas son, una francamente interior y la otra exterior. Ejemplo: la corola de la *ruda* (*Ruta graveolens*). La estivación imbricada puede observarse también en ciclos de tres piezas y en tal caso una es exterior, otra interior y la tercera, interior por uno de sus bordes y exterior por el otro.

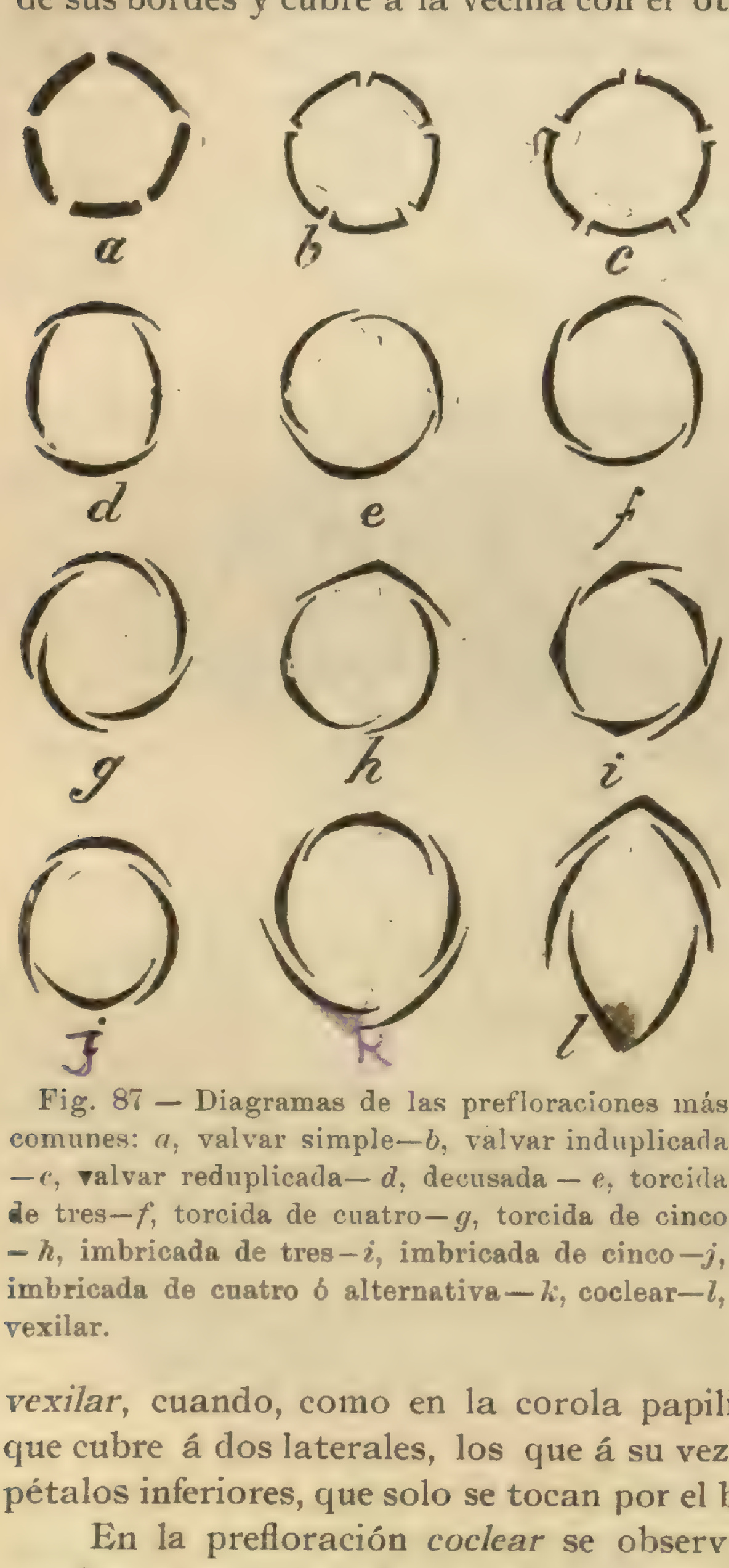


Fig. 87 — Diagramas de las prefloraciones más comunes: *a*, valvar simple—*b*, valvar induplicada —*c*, valvar reduplicada— *d*, decusada — *e*, torcida de tres—*f*, torcida de cuatro—*g*, torcida de cinco —*h*, imbricada de tres—*i*, imbricada de cinco—*j*, imbricada de cuatro ó alternativa—*k*, coclear—*l*, vexilar.

La prefloración *quinconcial* es la que tiene dos piezas completamente interiores, dos exteriores y la quinta, interior por un borde y exterior por el otro. Ejemplo: *rosas*, *ranúnculos*, etc.

La prefloración se denomina *vexilar*, cuando, como en la corola papilionácea, hay un pétalo superior que cubre á dos laterales, los que á su vez cubren uno de los bordes de dos pétalos inferiores, que solo se tocan por el borde inferior.

En la prefloración *coclear* se observa una disposición inversa, porque hay un pétalo inferior cubierto por dos laterales, los que á su vez están cubiertos por los bordes de dos pétalos superiores, que se tocan ó se cubren por el otro borde.

Es la disposición de la corola de muchas *Leguminosas-Césalpíneas*.

La prefloración es *arrugada* ó *plegada*, cuando las piezas florales, muy anchas, se repliegan varias veces sobre si mismas y se cubren unas á otras: en la corola de las *amapolas* (*Papaver*).

Finalmente, cuando las piezas florales son tan angostas que no llégan á ponerse en contacto, en el botón, se dice que la prefloración es *libre*.

46. Androceo.— Es el ciclo masculino de la flor ó conjunto de *estambres*.

Un estambre completo consta del *filamento*, la *antera* y el *conectivo*. El filamento es el pie ó pedúnculo que en su extremidad lleva á la antera parte esencial del estambre, por ser la que origina á los granos de polen. El filamento puede faltar y en tal caso la antera se llama *sesil*.

NÚMERO. — El número de estambres que entran en la composición de un androceo es muy variable: desde uno y aún medio; como veremos en algunas *Escitamíneas*, hasta un número indefinido que puede ser superior á cien, como observaremos en las *Rosáceas*, *Mirtáceas*, etc.

La flor que posee un número de estambres igual al de pétalos se llama *isostémona*, y *anisostémona* la que lo tiene desigual.

Son isostémonas las flores del género *Solanum*, la mayor parte de las *Compuestas*, etc. y son anisostémonas las *Rosáceas*, las *Valerianáceas*, etc. Cuando el número de estambres es el doble que el de pétalos se dice que la flor es *diplostémona*.

LONGITUD DE LOS ESTAMBRES. — Generalmente todos los estambres de una flor son de la misma longitud; hay sin embargo algunas, que los tienen de diferente longitud. Cuando hay cuatro estambres, de los cuales, dos son más largos que los otros dos, se dice que el androceo es *didínamo*, como se ve en muchas *Labiadas* y *Escrofulariáceas*, y es *tetradínamo*, cuando de seis estambres, cuatro son más largos que los otros dos, como veremos en las *Crucíferas*.

En las *Geraniáceas Oxalídeas* y en algunas *Cariofiláceas* la longitud de los estambres es también desigual, pudiendo ser más ó menos regular esa desigualdad, cuando como en los *Oxalis*, encontramos cinco estambres largos y cínco cortos. Estas particularidades no han merecido denominación especial.

Cuando los estambres son bastante largos como para que sobresalgan del plano superior del perianto gamófilo se dice que son *exsertos* y son *incluidos* cuando no sobresalen.

Nos ofrecen ejemplos de estambres incluidos la *beladona* (*Atropa*

beladona) y muchas otras *Solanaceas* y de exsertos las *mentas* (*Mentha*) y muchas otras *Labiadas*.

A veces suele encontrarse en la misma especie, flores de estambres incluidos y de estambre exsertos, como sucede en varias especies de *primaveras* (*Primula*).

CONCRESCENCIA. — Cuando todos los estambres de una flor se encuentran libres se dice que el androceo es *dialistémono* y es *gamostémono* cuando están soldados.

La unión de los estambres puede verificarse por los filamentos ó por las anteras: en el primer caso se llaman *monadelfos*, cuando están todos soldados en un solo manojo (*Malva*); *diadelfos*, cuando en dos (Pisum) y *poliadelfos*, cuando se sueldan formando tres ó más hacecillos (*Citrus*, *Tilia*). Cuando la concrescencia se establece por intermedio de las anteras se llaman *sinantéreos singenésicos* (el androceo de las *Compuestas*). Finalmente, la unión puede hacerse por los filamentos y las anteras al mismo tiempo como se ve en algunas *Cucurbitaceas* (*Melón*) y *Lobeliaceas* (*Lobelia inflata*).

La conexión de los estambres puede efectuarse también con el pistilo, tal como se observa en las *Orquídeas* y *Aristoloquiaceas*.

FILAMENTO. — El filamento ó pedúnculo estaminal es de longitud, forma é inserción muy variada. Muy corto en algunas flores, comunmente gamopétalas como en las *Solanaceas* del género *Solanum*, puede llegar á tener un gran desarrollo como se observa en el género *Lilium*.

Fig. 88–Esquemas de flores hipogìna (A); perigina (B) y epigina (C)–*a* caliz, *b* corola, *c* androceo, *d* gineceo.

El filamento es generalmente simple, pero puede ser también ramificado y la ramificación puede llegar á un alto grado como se observa en el *ricino* (*Ricinus communis*).

Generalmente es cilíndrico, pero puede ser más ó menos aplanado y aún foliáceo ó petalóideo.

La inserción del filamento, ó de la antera si aquel falta, se hace generalmente en el receptáculo floral y aisladamente; se exceptúan los de la mayor parte de las flores gamopétalas en las que es de regla que los estambres se inserten en la corola.

La inserción libre en el receptáculo floral, con perianto también independiente, determina la forma de flor *hipogina*. Es *perigina* cuando

la inserción del perianto y del androceo se hace sobre el borde de un receptáculo floral ahuecado en forma de copa; y es *epigina* cuando los tres ciclos externos, incluso los estambres, se insertan sobre el gineceo. En los dos primeros casos se dice que la flor tiene su ovario *súpero ó libre* y es *ínfero* en el último. Son flores hipoginas las de la *ruda* (*Ruta graveolens*); periginas las de las rosas, y *epiginas* las del *anís* (*Pimpinella anisum*), las del *eucaliptus* (*Eucaliptus glóbulos*), etc.

Los filamentos pueden llevar órganos accesorios bajo la forma de apéndices que comunmente son órganos nectaríferos. En la base de los filamentos se ven nectarios en muchas *Crucíferas*.

Conectivo. — Es la prolongación del filamento en la antera. Morfológicamente representa al limbo foliar en cuyos bordes se desarrollan las verdaderas anteras ó sacos polénicos.

El conectivo está generalmente representado por una pequeña lámina de parénquima con un hacecillo líbero-leñoso que ocupa su eje; lámina que queda intercalada entre las dos anteras que cada estambre posee.

Algunas veces el conectivo es más desarrollado, pudiendo prolongarse hacia arriba por encima de las anteras, en el sentido transversal, ó en todo su contorno. Nos suministran ejemplos de todas estas particularidades del conectivo las siguientes flores; de conectivo crecido en el sentido longitudinal el *laurel rosa* (*Nerium oleander*) y muchas otras *Apocíneas;* de esarrollo transversal los estambres de muchos tilos (*Tilia*) de los *pensamientos* (*Viola tricolor*) y sobre todo los de algunas *Labiadas* que como la *salvia* (*Salvia officinalis*) desarrollan su conectivo, que está colocado perpendicularmente al filamento, hasta el extremo de simular un balancin que lleva en una de sus extremidades una antera fértil y un órgano ésteril en la otra.

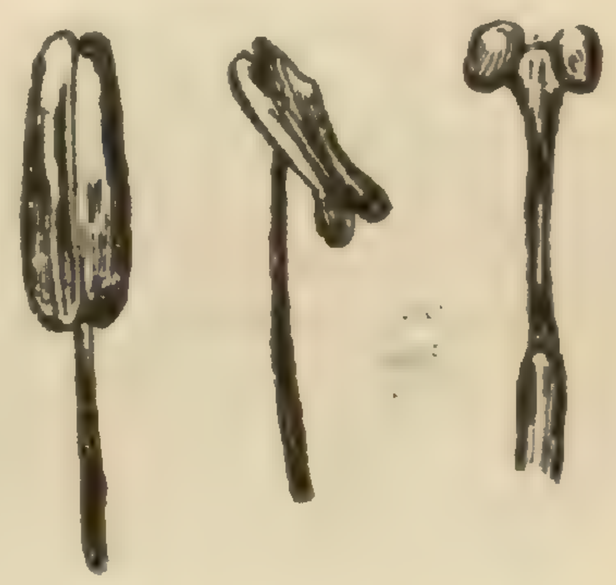


Fig. 89.—Tipos de estambres: *A* Tipo más común; antera basifija—*B* estambre de Graminácea; inserción mesifija, anteras versatiles en X — *C* Estambre de un *Euphorbum* con conectivo muy ancho.

En los pensamientos ya citados y en algunas otras *Violaceas* se observan apéndices nectaríferos que parten del conectivo.

Antera. — La antera es la parte noble y esencial del estambre; hemos visto ya que puede no encontrarse más que ella sola.

Las anteras son de formas muy variadas: *globulosas*, *dídimas ovoídeas*, *aflechadas*, etc., términos que no necesitan mayor explicación Esas formas dependen no solamente de la de las anteras, propiamente

dichas, sino también de la disposición del conectivo, más ó menos desarrollado. Los sacos polénicos pueden estar unidos al conectivo por una sola de sus extremidades (dídimos) como se observa en algunos *euforbios*; ó bien estar adheridos en la total extensión de una de sus caras á un conectivo muy ancho; ó como se observa en la mayor parte de las *Graminácеas* estar dispuesta en forma aparente de una X por efectuarse la unión por la parte media de los sacos, que divergen en las extremidades.

Cuando la antera se inserta sobre el filamento por su parte más ancha ó basilar, se dice que es *basifija*, cuando lo hace por la más angósta; *apicifija*, y es *mesifija* cuando lo hace por su parte media.

Cuando la inserción de la antera se hace por una de sus extremidades, ó cuando siendo mesifija, el filamento es adelgazado ó puntiagudo en el punto de su inserción en la antera, este órgano tiene gran movilidad y se dice que es *versátil* ú *oscilante* (*Graminácеas*, muchos *Lilium*).

Fig. 90 — Corte transversal esquemático de una antera cuadriloocular. — *a* los sacos polénicos — *c* pared de los sacos — *b* el hacecillo central del conectivo.

Cada antera consta generalmente de dos sacos ó cavidades llenas de polen, que se sitúan á un lado y otro del conectivo; esas cavidades están, muy comunmente, divididas en dos por un tabique, y en tal caso se dice que la antera es *cuadrilocular*; cuando el tabique se ha reabsorbido, como se observa muy generalmente en las mismas anteras cuadriloculares, cuando llegan á la madurez, se dice que es bilocular; finalmente, puede suceder que no se desarrolle más que una mitad de la antera ó que por la ramificación del filamento ó el excesivo crecimiento del conectivo las dos mitades de la antera quedan muy separadas originándose así las *uniloculares* (Malva).

Una de las caras de la antera está destinada á abrirse, cuando llegue á su madurez para dejar salir á su contenido. Es lo que se denomina *dehiscencia* de la antera.

Fig. 91.—Estambres de dehiscencia poricida y transversal.

La dehiscencia puede hacerse por medio de una hendidura vertical, caso el más frecuente, que se observa generalmente en las anteras bi y cuadriloculares y que se denomina dehiscencia *longitudinal*. La dehiscencia puede ser *transversal*, como sucede en la mayor parte de las uniloculares. Cuando la apertura del órgano se efectúa por intermedio de un orificio, que se forma en la parte terminal, se dice que es *poricida* (*Solanum tuberosum*). Finalmente la dehiscencia puede hacerse por medio de

tapas ó valvas que se abren levantándose y entonces se dice que es *valvar* (*Berberídeas, Lauráceas*).

Cuando la dehiscencia de la antera se hace por la cara que mira hacia el eje de la flor se dice *introrsa* y es *extrorsa* cuando lo hace hacia afuera. Hay formas intermediarias de dehiscencia *lateral.*

Estaminodios.—Son los órganos con apariencia de estambres, ó que ocupan el lugar de ellos, pero que son estériles. Pueden afectar formas y disposiciones muy variadas y encontrarse normalmente en las flores, como en las de *canela* de Ceylán (*Cinnamonnum ceylanicum*), ó bien formarse accidentalmente por el cultivo, como se puede observar en las flores dobles que tienen su androcco en vías de metamórfosis regresiva. Muy comunmente los estambres se hacen estériles y se transforman en órganos nectaríferos, que se denominan también estaminodios.

Estructura de los estambres.—El estudio de la estructura de los estambres comprende dos puntos: el de la estructura del filamento y del conectivo, y el de la antera durante su desarrollo y cuando ha llegado á su definitiva madurez.

El primer punto no presenta dificultad ninguna. El filamento está formado por un parénquima homogéneo, de células más ó menos isodiamétricas y con pocos ó ningun cloroleucito; entre las células se encuentran algunos meatos, en cantidad y tamaño variable según las especies. Un delicado epitelio tapiza exteriormente al filamento; sus células suelen alargarse en forma de pelos; pocos ó ningun estoma se encuentran en su superficie. En el centro del filamento trascurre un delicado hacecillo fibro-vascular, cuyos elementos leñosos están reducidos á su mínima expresión. El hacecillo tiene una estructura exactamente igual á la de los hacecillos caulinarios de la planta respectiva: en las Dicotiledóneas, por consiguiente, los elementos de leño están colocados en el lado interno y en el externo los del líber.

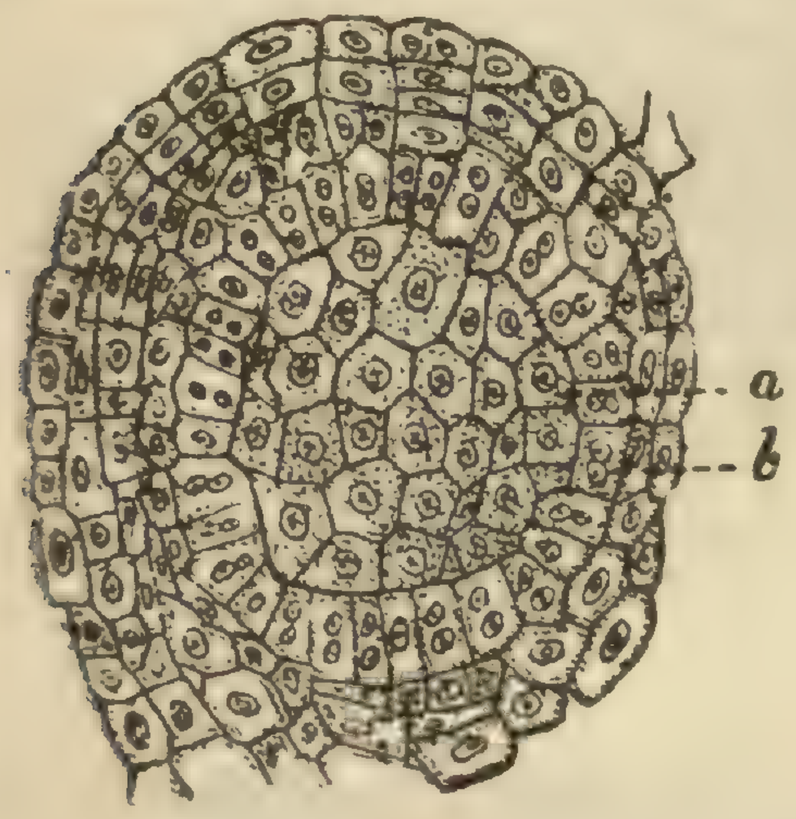


Fig. 92.—Corte tránsversal de un saco polénico joven de *Lilium martagon*—*a*, células madres del polen—*b*, capa nutritiva. Por fuera las células que formarán la capa mecánica.

En cuanto al conectivo, salvo la disposición más ensanchada del parénquima, la estructura es idéntica; hasta él llega el hacecillo líbero leñoso.

Lo que resalta en este estudio es que el conectivo y el filamento

que lo sostiene, tienen como cualquiera otra hoja una simetría bilateral: una prueba más en apoyo del origen foliáceo del estambre.

En cuanto á la estructura de la antera, hay que remontarse á su origen para poder estudiarla. Al principio, cuando recién comienza el desarrollo de los estambres, estos están representados por otros tantos mamelones ó papilas, más ó menos abultadas en su extremidad y formadas por un tejido meristemático homogéneo, con los esbozos de un hacecillo fibro vascular. Poco á poco se van acusando, de dos á cuatro eminencias longitudinales y las células de la capa sub-epidérmica, que se encuentran al nivel de esas eminencias, se dividen tangencialmente en dos. De la más externa de las dos hileras de células se formará la pared de los sacos polénicos, y las células madres del polen de la más interna.

En cuanto á la capa epidérmica, se continúa sin diferenciación con la que envuelve á todo el órgano y sus células no sufren más que ligeras modificaciones.

La capa más exterior, de las dos en que se ha dividido la subepidérmica, sufre uno ó más desdoblamientos tangenciales, de modo á originar dos ó más capas de células, que, homogéneas al principio, se diferencian después, de modo á constituir una zona interior inmediatamente superpuesta á las células madres del polen y que se distinguen por su color amarillo y por sus ricos contenidos nutritivos: es la capa nutritiva que está destinada á desaparecer reabsorbida por las células madres del polen. En cuanto á la capa ó capas más externas, que constituyen ahora las verdaderas sub-epidérmicas, están destinadas á formar propiamente la pared del saco polénico y se diferencian esclerificando desigualmente sus membranas, como veremos al estudiar la dehiscencia de las anteras.

Fig. 93.—Fases de la formación del polen en el *Lilium martagon*. *A* Corte esquemático de la antera, las cuatro líneas negras indican la posición y origen de cuatro sacos poléni os; el circulito es el corte del hacecillo líbero leñoso.—*B* y *C*. Fases de la división carioquinética de las células.

Hemos dejado la capa más interna, de las dos en que se dividió la primitiva hilera sub-epidérmica; esta capa multiplica sus células hasta formar, no ya una lámina, sinó un verdadero macizo celular que atraviesa
á la antera en toda su longitud; sus células crecen mucho más que las ambientes y se caracterizan por el espesor y brillo de sus membranas y el volumen de sus correspondientes núcleos: son las células madres del polen. Cada una de ellas originará cuatro granos polénicos por cuadripartición de sus núcleos y aprovechando para este desarrollo las sustancias nutritivas que les suministran las células que inmediatamente las rodean.

La multiplicación carioquinética del primitivo núcleo de cada célula madre se hace cuatro veces, produciéndose los cuatro granos de polen endogeneticamente ó por formación libre interna, y de una manera *sucesiva* ó *simultánea*. En efecto, en la mayor parte de las Monocotiledóneas el núcleo se divide en dos y entre los dos nuevos se forma un delgado tabique celulósico; cuando este está ya formado se vuelven á dividir nuevamente los dos núcleos en la misma dirección ó perpendicularmente á ella, y se originan enseguida nuevos tabiques que separan á las cuatro células hijas ó granos de polen: es la formación sucesiva. En las Dicotiledóneas, por el contrario, el núcleo primitivo se divide en cuatro núcleos hijos y los tabiques celulósicos de separación no se forman hasta la terminación de la neoformación nuclear. En uno y otro caso las células hijas se encuentran encerradas dentro de la membrana de la célula madre.

Hay que hacer notar que, en tanto que el núcleo de la célula madre tiene un número simple de cromosomas, el mismo que el de las

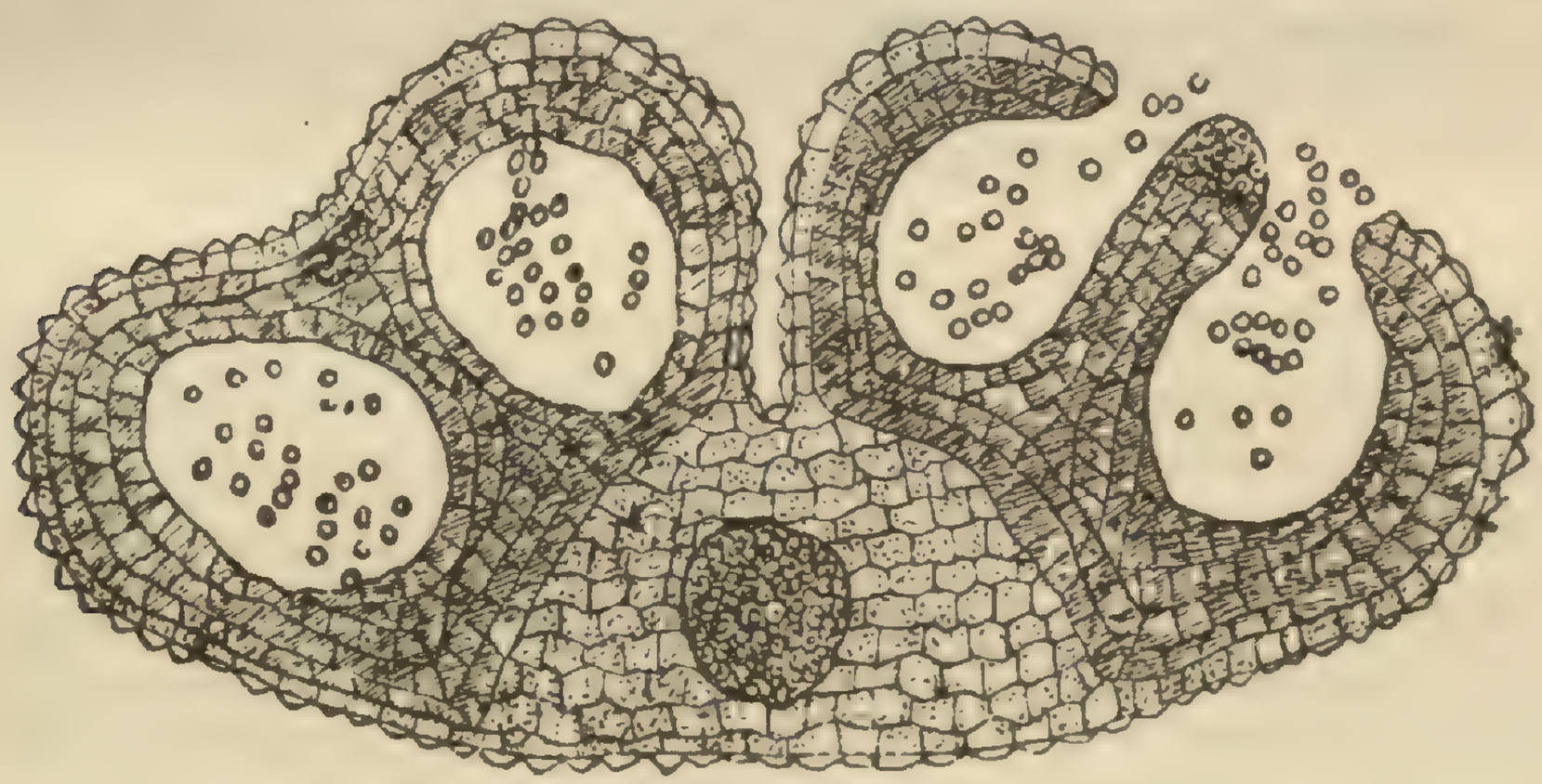


Fig. 94.—Corte transversal semi-esquemático de una antera cuadrilocular, en el que se ve el conectivo con su hacecillo fibro-vascular y dos anteras, una en dehiscencia y la otra próxima a hacerlo. Se puede observar también que los tejidos mecánicos están formados por varias hileras de células.

demás células vegetativas de la planta en estudio, los núcleos de las células hijas tienen la mitad de los cromosomas, lo que acusa una diferenciación sexual que tendremos oportunidad de volver á encontrar en los elementos femeninos.

Vamos á ocuparnos nuevamente de las capas más exteriores de la antera, de las propiamente sub-epidérmicas, destinadas á formar la pared de los sacos polénicos. Esas células, que pueden formar según las especies una ó más capas, son las encargadas de efectuar la dehiscencia de la antera: se encuentran distribuidas en todo el contorno del saco polénico; pero en la cara por donde va á hacerse la dehiscencia se observan

puntos más debiles dispuestos de diversas maneras según la forma de la apertura y que se encuentran formados por simples células parenquimáticas ó fibras de paredes engrosadas por igual, y poco adherentes. En cuanto al resto de las células de esta capa, que recibe propiamente el nombre de zona *mecanica* ó de dehiscencia, se diferencian lignificando desigualmente sus caras, de modo que puede encontrarse la pared externa, la que mira hacia la epidermis, más ó menos lignificada, y celulósica la interna, la que mira hacia los granos de polen, ó la diferenciación puede h acerse al contrario. Las formas de la lignificación de estas células son muy variadas según la especie de que se trate, pero cualquiera que sea, el resultado mecánico es siempre el mismo: á la madurez completa del órgano la cara no lignificada de las células cede más fácilmente agua que la cara opuesta por la mayor desecación hay una retracción y tendencia al enrollamiento de la pared del saco polénico en el sentido de la mayor desecación; de lo que resulta, tracciones en una dirección determinada y ruptura de la pared en los puntos más débiles. Es este el mecanismo de la dehiscencia, aplicable con pocas diferencias á cualquiera forma de ruptura.

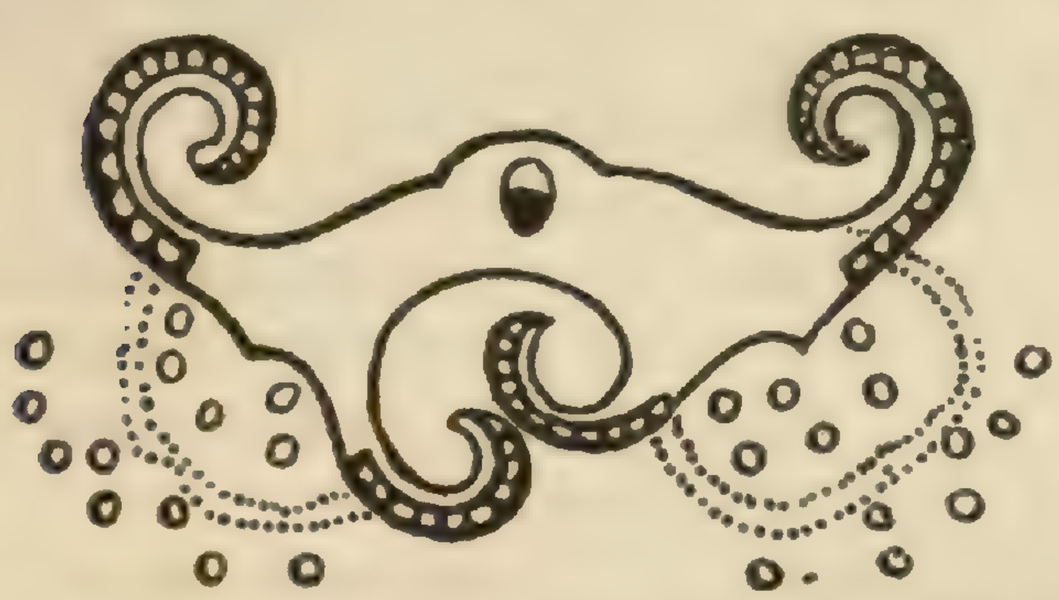


Fig. 95.—Corte esquemático de una antera en dehiscencia. Las líneas de puntos indican la primitiva situación de las paredes de los sacos. Se ve el engrosamiento interno de las paredes celulares.

Hemos abandonado á los granos de polen, encerrados aún dentro de las membranas de las células madres; pues bien, cuando la madurez es completa los granos han llegado á un maximum de desarrollo, para alcanzar al cual, aprovechan y reabsorben todas las sustancias que les proporcionan las células de la capa nutricia, y, una vez agotada esta, las paredes de las células madres, primero, y la lámina media que separa á las células hijas después, pasan por el fenómeno de la gelificación, y quedan sueltos y aislados en el interior de cada saco los correspondientes granos de polen.

Hay granos de polen que no gelifican sus láminas medias y que quedan por consiguiente, agrupados en tetradas, y otros, como los de las *Orquideas* y *Asclepiadáceas* que dejan escapar todo el contenido de la antera, bajo la forma de una masa formada por todo el polen aglutinado. Estas masas se denominan *polinias*.

Esta descripción de la estructura de la antera y origen de los granos de polen, está basada en los estudios de Guignard practicados en los órganos del *Lilium martagon*, que por el tamaño de sus anteras se presta admirablemente á este fin; pero con pequeñas desviaciones, es aplicable al estudio del desarrollo y estructura de las anteras y polen de todas las Angiospermas.

47. Polen. — Un grano maduro de polen de Angiosperma es un pequeño organúsculo, cuyas dimensiones rara vez pasan de 0'02 de milímetro, de forma más ó menos esferoidal, ovoideal ó cúbica y que generalmente ostenta un color amarillo más ó menos intenso.

Si analizamos la composición de un grano de polen, lo veremos formado por dos membranas de cubierta bastante bien diferenciadas y un contenido protoplasmático.

Las dos membranas se denominan, *exina* la más externa é *intina* la más interna. La primera es gruesa, cuticulizada, inextensible y muy pocas veces lisa. Generalmente presenta gran número de esculturas que pueden ser originadas por defecto ó exceso de crecimiento. Según las especies se observa en la superficie de la exina puntos en que la membrana es muy delgada ó falta por completo. Esos puntos adelgazados pueden ser en forma redondeada ó más ó menos alargada, constituyendo, en el primer caso, los llamados *poros* y *pliegues*, en el segundo. Hay granos de polen que no poseen más que un poro y hay otros que tienen dos ó más.

De la misma manera que se hacen esas esculturas por falta de crecimiento, se hacen otras por exceso, bajo forma de *tubérculos*, *espinas*, *redes*, *crestas*, etc., que pueden coexistir con las anteriores. Una forma muy particular de escultura que se observa en las *Malvaceas*, es la de la formación de una especie de tapa ú opérculo que se origina por el engrosamiento parcial de la exina, en forma de papila ó mamelón, que va rodeado en su base por una zona circular en la que la membrana falta por completo; de modo que basta una ligera presión que venga del interior para que el mamelón y su base circular se desprendan.

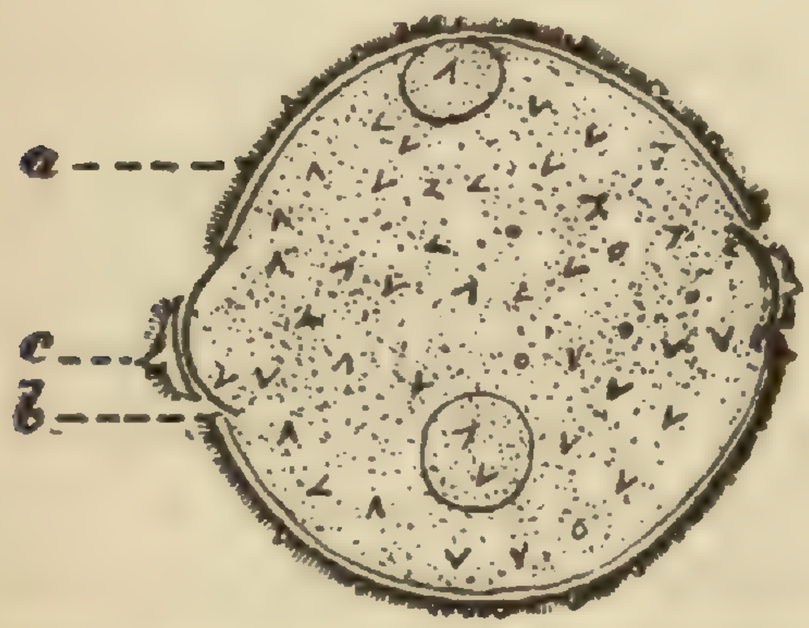


Fig. 96—Grano de polen—*a*, exina—*b*, intina—*c*, opérculo.

Esos relieves de la exina tienen su aplicación fisiológica: por medio de sus escabrosidades el grano de polen es más adherente que si fuera liso; pudiendo más fácilmente agarrarse á los cuerpos exteriores, por la misma razón: cuando llega á ponerse en contacto con el estigma es difícil que escape, por el eficaz enlace que puede establecerse entre las escabrosidades de su exina y las que presenta la parte terminal del órgano femenino. En cuanto á los poros ó partes adelgazadas, su papel es de dejar pasar á la intina alargada, con su contenido protoplasmático, cuando sobrevenga el segundo tiempo de la fecundación: la germinación del grano de polen.

La intina ó membrana celulósica interna, es delgada, extensible,

continua y no presenta mayor particularidad que la de ostentar, á veces, acumulaciones ó depósitos de celulosa, bajo la forma de pequeños tubérculos ó eminencias que proeminan hacia el interior del grano y que generalmente se encuentran colocados enfrente de los poros ó partes menos engrosadas de la exina. Esas reservas celulósicas están destinadas á ser consumidas por el grano durante la germinación y alargamiento de la intina para constituir el *hilo polénico*.

En el interior de esa doble envoltura se encuentra un protoplasma granuloso que llena por completo la cavidad y que rodea, no ya á un solo núcleo, como hemos visto al estudiar la formación de los granos de polen, sino á dos núcleos de tamaño y propiedades diferentes, é inmediatamente rodeados por protoplasmas, también diferenciados. En efecto, los más recientes estudios dejan establecido que en el interior de cada grano de polen de Angiosperma hay dos células: una mayor, por la cantidad de protoplasma que rodea á su núcleo y otra más pequeña que la anterior y flotando libremente dentro del protoplasma de la primera, del que se encuentra separado por un delicado tabique protoplasmático. Esas dos células por su constitución, modo de comportarse ante los reactivos colorantes y por su ulterior papel fisiológico son completamente distintas.

El núcleo de la célula mayor es más grande; su filamento nuclear contiene poca nucleina y se tiñe preferentemente con los colorantes rojos ó rosados.

El núcleo de la célula menor, algo más pequeño que el anterior, contiene gran cantidad de nucleina y acepta con gran facilidad los colorantes verdes y azules.

La primera célula, de protoplasma menos denso y con reservas nutritivas disueltas ó figuradas (azúcares, almídón, etc.) es la célula vegetativa ó nutritiva, cuyo papel será únicamente el de presidir á las funciones de nutrición del grano, hasta que los elementos propiamente reproductivos lleguen á ponerse en la célula femenina.

Fig. 97 – Dos granos de polen de *Lilium martagon*. El de la derecha es muy joven y recién aislado de los compañeros. En el de la izquierda se han formado los dos núcleos *a* el vegetativo y *b* el germinativo con su protoplasma condensado alrededor.

La célula más pequeña, de protoplasma condensado, y aislada dentro del protoplasma de la mayor es la *germinativa* y está destinada á engendrar dos células hijas ó gametas, de las cuales una, se conjugará con la oósfera ó elemento femenino.

48.—Gineceo.—Es el ciclo femenino de la flor y está constituído por hojas más ó menos metamorfoseadas que se denominan *carpelos.*

Carpelos.—Si consideramos esquemáticamente á una hoja carpelar aislada podremos explicarnos mejor las diversas modificaciones que sufre, ya sea aisladamente ó cuando se reune con otras semejantes para constituir un pistilo compuesto.

La mayor parte de los autores usan las palabras *gineceo* y *pistilo* como sinónimas; sin embargo, la primera tiene, según nuestro modo de ver un sentido más ámplio ó general. Cuando las hojas carpelares se insertan libremente sobre el receptáculo floral, cada una de ellas constituye un *pistilo*, compuesto de ovario estilo y estigma: el gineceo será entonces el conjunto de pistilos. En el caso de carpelos soldados, pueden considerarse como sinónimas á las dos palabras.

Un carpelo consta de una parte más ancha, basilar, que representa al limbo de la hoja y que comunmente se encuentra más ó menos prolongada. Así como la hoja vegetativa es susceptible de ramificar sus bordes de las diversas maneras que hemos indicado, también la hoja carpelar puede hacerlo; originando en esos bordes los óvulos, para lo cual los engruesa préviamente y recibe para ellos una nervadura nutricia especial. Los bordes más ó menos engrosados de los carpelos y que engendran los óvulos se denominan *placentas.*

Fig. 98—*A.* hoja carpelar teórica abierta. *B.* la misma en corte transversal.

Ahora bien, en las Angiospermas el carpelo ó los carpelos no permanecen nunca abiertos, sinó que se doblan alrededor de su nervadura media como eje, cuando son aislados, ó se unen con otros. para formar siempre una cavidad cerrada; carácter este el más importante de las plantas de este grupo. De ese doblez de la hoja carpelar, que como hemos visto tiene desigual anchura, resultan tres partes principales: una inferior, abultada, formada por la parte ancha ó limbo de los carpelos y que es la fundamental por ser la que lleva en sus bordes á los óvulos: se llama *ovario;* una parte más ó menos alargada que le sigue y que resulta de la región más angosta del carpelo: es el *estilo* y una parte terminal que lo corona, más ó menos modificada y que se denomina *estigma.*

En algunas flores las hojas carpelares pueden ser semejantes á las pecioladas de las hojas vegetativas y en tal caso el el pistilo va colocado sobre un pedúnculo ó pié que se denomina *ginecófero* ó *podógino* (*Pasifloráceas, Euforbiaceas,* etc.).

Hasta ahora hemos considerado á la hoja carpelar aisladamente, vamos á estudiarla ahora como en realidad se la encuentra en las diversas flores.

CARPELOS LIBRES Y CARPELOS SOLDADOS. — Un gineceo puede estar compuesto por uno ó más carpelos. Cuando no hay más que un solo carpelo, este se encuentra doblado en la forma que hemos indicado al rededor de la nervadura central como eje. Pero cuando los carpelos son dos ó más, pueden insertarse aislados, constituyendo cada uno de ellos un pistilo (*Ranunculáceas*, *Fragariéas*) ó bien puede soldarse más ó menos intimamente: en el primer caso el gineceo es *dialicarpido* y *gamocárpido* en el segundo.

En el gineceo dialicárpido la inserción de los carpelos en el receptáculo floral puede hacerse en un solo verticilo (*Helleborus*, *Illicium*) ó bien siguiendo una espiral continua, como en los *ranúnculos* en las *magnolias*, etc.

Cuando el gineceo es gamocárpido, la unión de los carpelos puede hacerse por los bordes ó por las caras. En el primer caso cada una de las hojas femeninas se origina aisladamente sobre el receptáculo floral, pero en cierto punto de su crecimiento, y antes de que se hayan plegado por su eje, las diversas hojas, se encuentran por sus bordes y se sueldan. (*Violetas*).

En otros casos, por el contrario, las hojas carpelares destinadas á unirse, crecen al principio como si fuesen aisladas, se repliegan al rededor de su nervadura media y después de replegadas se sueldan: la unión se hace, pues, por las caras externas.

La unión de los carpelos puede efectuarse únicamente al nivel del ovario quedando libres los estilos y estigmas (*Iris*, *Crocus*), ó bien, caso menos frecuente, pueden permanecer libres á la altura del ovario y soldarse al nivel de los estilos ó de los estigmas. (*Sterculia*, muchas *Rutáceas*).

OVARIO.—Por su forma, el ovario compuesto puede ser más ó menos globuloso, aplanado ó discoidal, en forma de botella, etc.

En el ovario gamocárpido la adherencia carpelar puede ser tan íntima que no se puede reconocer el número de piezas que lo forman; si por el contrario, cada hoja carpelar acusa su existencia por una eminencia redondeada, separada de las inmediatas por surcos más ó menos profundos, se dice que el ovario es *lobulado*.

Hemos dicho que los bordes carpelares, al nivel del ovario soportan á los óvulos y se denominan placentas, pues bien, según cual sea la forma

de la unión carpelar en un ovario compuesto esas placentas ocuparán distintas situaciones; suministrándonos uno de los mejores caracteres del ovario: la *placentación*.

Cuando los carpelos se unen por sus bordes, sin repliegue previo, se dice que la placentación es *parietal* y en tal caso el ovario es *unilocular*, por no tener más que una sola cavidad. (Violetas, resedá, etc.) El replegamiento de las hojas carpelares, no altera esta disposición, sinó cuando es tan grande que los diversos bordes llegan á encontrarse y á soldarse en el eje de la flor, constituyendo así una placentación *axil* y siendo el ovario *plurilocular*; en este caso, con tantos lóculos ó cavidades como carpelos.

Fig. 99.—Placentaciones.—*A*, parietal—*B*, axil —*C*, central.

El ovario simula ser plurilocular y de placentación axil, aunque en realidad es unilocular y de placentación parietal, cuando, como en las diversas amapolas (*Papaver*), los bordes carpelares se repliegan hacia adentro, pero no llegan al eje de la flor, de modo que solo determinan la formación de lóculos incompletos.

Menos comunmente se encuentra otra forma de placentación, en ovario también unilocular, que es la denominada *central* (*Primuláceas*), en cuyo caso el ovario multicarpelar, de carpelos unidos por sus bordes, y unilocular, lleva á sus óvulos al rededor de una columna central más ó menos gruesa y colocada en la prolongación del eje floral; lo que significaba para algunos botánicos que los óvulos eran dependencia del eje floral y no del borde de los carpelos; aserción falsa, porque en este caso lo columna placentífera central está formada por los mismos carpelos que en lugar de plegarse al rededor de su nervadura media, lo hacen desde su base, como lo comprueba el estudio del desarrollo de esas flores y la distribución relativa del leño y el líber de los hacecillos de la pared ovárica y de la placenta central.

En muchas *Cariofiláceas*, se observa una placentación análoga á la anterior, pero cuyo origen no es el mismo; en efecto, suelen desarrollarse ovarios pluricarpelares en la forma que hemos descripto, es decir, invirtiendo sus bordes hacia adentro, y después de haber constituido una placentación axil, reabsorberse los tabiques intermediarios: transformando así un ovario plurilocular, de placentación axil en un ovario unilocular y de placentación central.

La existencia de falsos tabiques puede alterar también la disposición interna del ovario. En las Crucíferas hay dos hojas carpelares que se sueldan borde á borde, haciéndolo al nivel de sus placentas; después de efectuada la unión las placentas crecen, al encuentro una de otra y concluyen por formar un tabique más ó menos espesado que convierte al primitivo ovario unilocular, en bilocular.

Estilo.—El estilo constituye la continuación de la hoja carpelar, puede ser pués, la prolongación de un solo carpelo ó de vacios carpelos soldados.

Su longitud y su existencia son variadas; hay pistilos que no tienen estilo, siendo en tal caso, los estigmas sesiles (Papaver) y desde ese grado hasta estilos de treinta centímetros hay todas las dimensiones.

La longitud relativa es también variable, en comparación con la del perianto: hay flores *longistilas* y *braquistilas*. Las primeras son las que tienen estilos más largos que el perianto ó que sobrepasan su nivel, y los segundos son los que quedan incluidos. Hay flores, como las de las primaveras (*Primula*) que pueden ser braquistilas y longistilas, aún en la misma planta y de acuerdo con la posición de la flor y la mayor ó menor longitud de los estambres.

La concrescencia de los carpelos al nivel de los estilos puede ser más ó menos grande: pudiendo estar completamente soldados, constituyendo los mal llamados estilos simples; soldados hasta la mitad, ó totalmente libres, aunque sean coherentes al nivel del ovario.

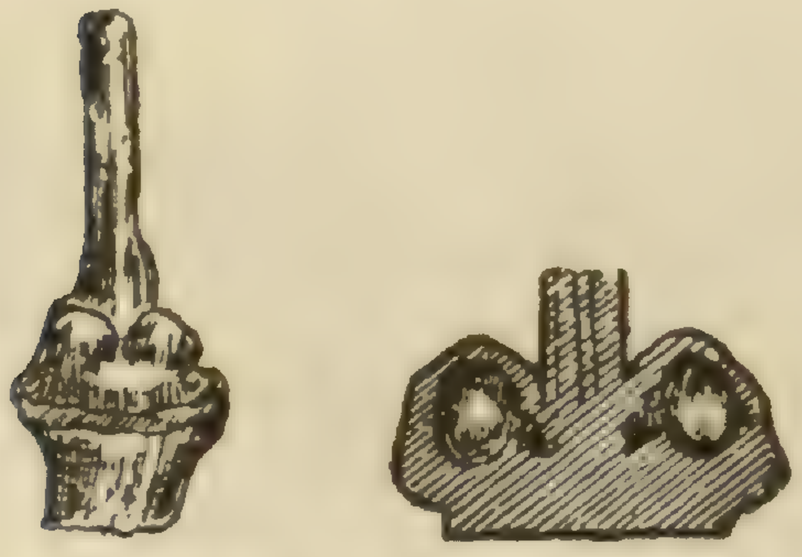


Fig. 100—Estilos ginobásicos de las *Borragíneas*. — A la izquierda visto de frente; á la derecha en corte longitudinal.

Los estilos ocupan comunmente la parte más elevada del ovario, llamándose en tal caso, estilo terminal (estilos de los tilos—*Tilia*); ó bien insertarse lateralmente en una de las caras de la región ovárica del carpelo á causa del crecimiento desigual de este: estilos laterales; ó, como se observa en las *Borragíneas*, las *Labiadas* y algunas otras familias, el estilo parte desde la base misma del ovario, simulando un origen receptacular y recibiendo entonces el nombre de estilo *ginobásico*.

Estigma. — Es la parte terminal del estilo; á veces no es más que la extremidad de aquel órgano, ligeramente diferenciada. Caracterízalo, sobre todo, la presencia de una epidermis ó tejido de revestimiento que es siempre rugoso, bajo forma de papilas, pelos, ú otras formas de excrescencias, destinadas á asegurar mejor la fijación de los

granos de polen. Durante la época de la polenización ese órgano ó región, segrega abundante jugo viscoso, que no solo facilita la adherencia de los granos, sino que determina su germinación.

Al nivel del estigma es donde más fácilmente puede apreciarse el número de carpelos que entran en la composición del respectivo pistilo: por más intima que sea la coherencia, hay siempre una cicatriz ó señal de las soldaduras de los bordes carpelares.

El estigma puede ser único por la unión de los carpelos en toda la extensión del pistilo; pero puede ser también único, sin que más abajo se encuentren soldados los carpelos. Generalmente tratándose de estigmas dialicarpidos, hay tantos, cuantos carpelos, pero en algunos casos se observa una ramificación del estigma de la que resulta mayor número de ellos, que de hojas carpelares. Nos suministran ejemplos muchas *Euforbiáceas*, de estigmas libres y bifurcados, que ostentan seis regiones estigmatiferas no habiendo más que tres carpelos. Lo mismo sucede con el estigma doble de las Graminaceas que corresponde á un ovario unicarpelar.

El estigma ocupa comunmente la extremidad del estilo, sin embargo, como debe considerarse propiamente como tal á la región caracterizada por su rugosidad y humedad, observaremos que algunas flores tienen sus estigmas propiamente dichos en un lado, ó alrededor del estilo, ó bien ocupan trayectos lineares que pueden ser radiados, longitudinales, etc.

Las formas de los estigmas son muy variadas y no hay necesidad de una descripción minuciosa de ellas por que se explican por sus respectivas denominaciones, como lo demuestran los siguientes ejemplos: se dice que es *capitulado* ó en forma de cabezuela el estigma del tabaco (*Nicotiana tabacum*), que es *penicilado* ó en forma de pincel, el de la parietaria (*Parietaria officinalis*) y el de las malvas (*Malva*); que es *plumoso*, el de muchas *Graminaceas*; *lobulado*, el del melón (*Cucumis melo*) etc., etc.

Estructura del pistilo.—Los carpelos poseen una estructura análoga á la de las hojas con ligeras adaptaciones á sus funciones especiales y que en seguida estudiaremos.

Al nivel del ovario y en un corte transversal, la hoja carpelar está compuesta por un mesófilo que puede ser homogéneo, parenquimático, ó bien, puede estar formado por un colénquima que linda con la cara exterior y un parénquima que linda con la interior. En ese parénquima se encuentra, muy frecuentemente, células clorofílicas y células oxalíferas.

Ese mesófilo está comprendido entre dos epidermis: una exterior,

generalmente simple, muchas veces vellosa y con algunos estomas, y una interna, á veces compuesta y que suele también tener tricomas.

El tejido fibro-vascular está representado, para cada carpelo, por una nervadura media, que se prolonga adelgazándose hasta el nivel del estilo y que emite á su alrededor pequeñas ramificaciones que se pierden en el parénquima de la hoja carpelar. Además de esa nervadura media tienen siempre los carpelos otras dos laterales que transcurren junto á los bordes, que se pierden antes de llegar al estilo y que son las que proporcionan su nutrición á las placentas; son también llamadas nervaduras placentarias; cada una de ella envía una pequeña rama á cada óvulo

En el momento de la fecundación, cuando el pistilo está en condiciones favorables para ese acto, una parte del tejido parenquimático, próximo á las placentas y el que forma la parte central del estilo macizo, se transforma en lo que se denomina tejido *conductor*, que se prolonga en toda la extensión del estilo y asoma en el estigma en la región que hemos llamado estigmatífera. El tejido conductor resulta de la transformación de la epidermis interna del ovario y capas parenquimáticas sub yacentes y se caracteriza por el espesamiento de las membranas celulares, al mismo tiempo que en su interior se acumulan sustancias nutritivas y á lo que se agrega la gelificación de las láminas medias y liquefacción de las células, que ceden á la presión que ejerce el tubo polénico en su marcha hacia los óvulos, al mismo tiempo que le suministran abundante material alimenticio.

49—Ovulos.—El óvulo es el conjunto de células que se originan por la ramificación de la placenta del carpelo y que están destinadas á engendrar y proteger á la gameta femenina ú oósfera, que se convertirá en el huevo cuando se conjugue con la gameta masculina.

Los óvulos de las angiospermas se desarrollan en proporciones muy variadas; desde uno en las *Graminaceas*, *Poligonaceas*, etc. hasta muchos miles como en el *Papaver*, *las Cactaceas las Orquídeas*, etc.

Por su forma son más ó menos ovoidales, variando, por otra parte, según la dirección que tengan.

Generalmente dependen de un cordón más ó menos largo que se denomina *funículo*, que se inserta por un lado en la placenta y por el otro en el óvulo. Si no hay funículo el óvulo es *sesil* ó *sentado*.

Las dimensiones de los óvulos son comunmente muy exiguas, y están generalmente de acuerdo con el tamaño del ovario. Muchos son visibles á simple vista y algunos permiten el estudio de algunos de sus detalles con los pequeños aumentos que ofrecen las lentes del bolsillo.

Estructura.—Un óvulo normal de una angiosperma consta comunmente de dos *tegumentos*, que se denominan tegumento *interno* y tegumento *externo ó secundina y primina*, respectivamente. Esos tegumentos dejan en un punto de su superficie dos huecos ú orificios que se llaman *endostoma y exostoma*, para la secundina y la primina, respectivamente. El endostoma y el exostoma están generalmente superpuestos y entre ambos constituyen la *micrópila* ú orificio normal de entrada del elemento masculino.

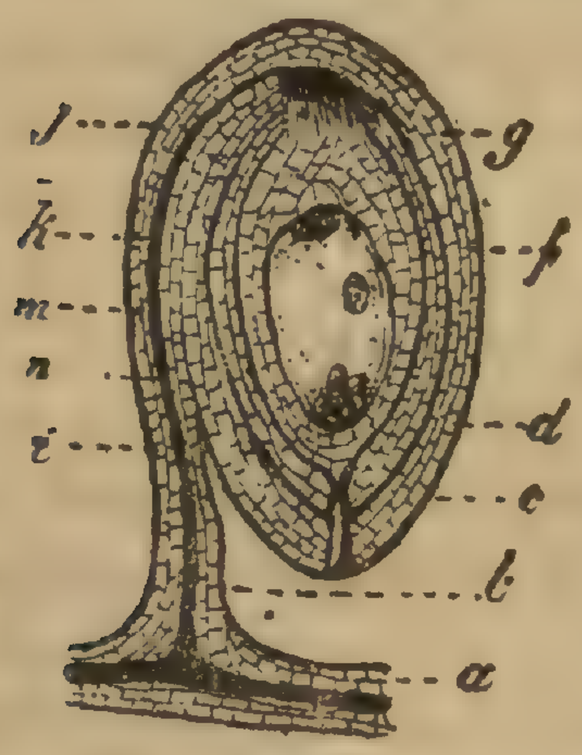


Fig. 101—Corte longitudinal semiesquemático de un óvulo anátropo — a placenta —b funículo — c primina—d secundina—f nucelo—g calaza—j rafe—k hacecillo fibrovascular—m saco embrionario que encierra en su interior el núcleo, las células antipodas, las sinérgidas y la oósfera.

En el interior de los tegumentos se encuentra un compacto tejido parenquimático (meristema) que se denomina el *nucelo* y una de cuyas células centrales originará después al *saco embrionario*.

El punto de inserción del funículo en el óvulo se llama *híleo* y la parte del óvulo donde se confunden formando un todo contínuo, los tegumentos y el núcelo, es la *calaza*. Como se recordará, dijimos que de la nervadura placentaria partía una rama para cada óvulo; esa pequeña nervadura atraviesa el funículo y se esparce, ramificándose en el tegumento externo, en donde se pierde en la mitad más ó menos de su extensión.

En la gran mayoría de las Angiospermas la estructura ovular se realiza de acuerdo con la descripción que hemos dado; pero hay algunas excepciones que hay que mencionar para hacer resaltar que, excepto el saco embrionario, todas las demás partes del óvulo pueden faltar.

Muchas Dicotiledóneas—Gamopétalas y especialmente las *Compuestas*, así como algunas Monocotiledóneas, poseen óvulos *unitegminados* ó sea, con un solo tegumento. Las *Santaláceas* y algunas otras Dicotiledóneas, poseen óvulos *innucelados*, según los denomina Van Tieghem, que carecen de tegumentos y de nucelo y únicamente están formados por una pequeña acumulación de células, que generalmente no llegan á diferenciar una oósfera y que por consiguiente no se transforman en semilla. Finalmente, hay algunas Angiospermas (*Lorantáceas*, *Balanoforáceas*, etc.,) que ni aún tienen la representación exterior del óvulo y que originan sus oósferas á expensas de la diferenciación de las células sub-epidérmicas de la hoja carpelar.

Origen.—Hemos dicho ya, que los óvulos deben ser considerados como una pimple ramificación de la hoja carpelar y, en efecto. cuando se observa el desarrollo de estos organúsculos, se asiste primeramente á la aparición de una pequeña salida ó mamelón, que crece rápidamente por la sucesiva bipartición de las células que lo forman y que es el primer rudimento de lo que constituirá el nucelo. Cuando esa eminencia ha alcanzado á cierto grado de desarrollo, se observa en su centro la diferenciación de una célula (el futuro saco embrionario), en su base se ve aparecer una eminencia circular, en forma de rodete, que conforme va creciendo, va cubriendo el mamelón primitivo; es el tegumento interno ó secundina, por debajo de él y por el mismo mecanismo, se forma un segundo rodete que avanza cada vez más, cubriendo al primero: es el tegumento externo. Este último, crece á veces, hasta llegar á cubrir por completo al primero, salvo en el punto abierto que hemos llamado endostoma y al que se superpone el exostoma de la primina. En otros casos el tegumento interno constituye por si sólo la micrópila.

Diversas clases de óvulos.—El crecimiento de las diversas partes que constituyen á este pequeño órgano no se hace siempre con la regularidad que deja entrever la anterior descripción.

Cuando el óvulo es derecho, cuando sus diversas partes constitutivas han crecido con igual velocidad, y quedan en la misma línea recta,

Fig. 102—Diversas formas del óvulo—*A* ortótropo—*B* anátropo—*C* campilátropo—*D* desarrollo del óvulo anástropo—*a* nucelo—*b* secundina—*C* primina—*E* el mismo en corte longitudinal.

el híleo, la calaza y la micrópila, esta, en el extremo opuesto al del hileo: se dice que el óvulo es *ortótropo*. Un óvulo puede ser ortótropo al principio de su desarrollo, pero sufrir después una flexión al rededor del punto de inserción del funículo; de lo que resulta que este cordon se adhiere á la superficie del tegumento externo y, en tal caso, el híleo viene á quedar colocado inmediato á la micrópila. La soldadura del funículo al tegumento externo es bastante íntima como para que solo se la descubra por la cresta saliente que forma y que se denomina *rafe*. Un óvulo así constituído es un óvulo *anátropo*.

Finalmente, el nucelo mismo puede sufrir una torsión por desigual crecimiento alrededor de su eje transversal y así se originan los óvulos *campilótropos*, que ostentan su híleo, su micrópila y su calaza en el mismo lado del óvulo, completamente doblado.

Hay óvulos que son, por su forma, intermediarios entre los anátropos y los ortótropos y que se denominan *semi-anàtropos* y otros que participan en grado variable de los caracteres del anátropo y del campilótropo son los denominados *anfitropos*.

Los óvulos francamente ortótropos, que constituyen la regla en las Gimnospermas, son poco frecuentes en las Angiospermas.

Mencionaremos como plantas de óvulos ortótropos algunas *Aróideas* y *Urticáceas* y las *Poligonáceas*.

Los óvulos anátropos y semi-anátropos son mucho más frecuentes: los observaremos en las *Liliáceas*, *Euforbiáceas*, *Violáceas*, etc.

Finalmente, los óvulos campilótropos se observan con mayor frecuencia en las Dicótiledóneas, como las *Leguminosas*, las *Crucíferas*, algunas *Geraniáceas*, etc.

Ovulos anfitropos se ven en las *Cactáceas*, *Malvaceas*, etc.

Dirección. — Los óvulos pueden ser *erguidos* ó *ascendentes*, *pénduios* y *horizontales*. Cuando el mayor crecimiento de los tegumentos y del nucelo de un óvulo, primitivamente horizontal, se efectúa en la cara inferior y el organúsculo se desarrolla hacia arriba, se dice que es *hiponástico* y cuando, por el contrario, el mayor crecimiento se hace en su cara superior y el óvulo se dirige hacia abajo se dice que es *epinastico*. Estas desigualdades de crecimiento combinadas con la ortotropia, campilotropía ó anatropía suministran caracteres que son, á veces, de gran importancia en sistemática.

Estructura íntima del óvulo y origen de sus diversas partes.— Hemos seguido el desarrollo del óvulo hasta la completa diferenciación del nucelo y de los tegumentos, vamos ahora á estudiar las formaciones de nuevas células en el interior del nucelo y que son las que desempeñan un papel fundamental en los fenómenos de la fecundación que producirán la transformación del óvulo en semilla y del ovario en fruto.

El nucelo, que ha alcanzado su desarrollo definitivo, está constituído por un macizo celular homogéneo, rodeado superficialmente por células más regulares, que constituyen una epidermis; más afuera aún, los tegumentos; pues bien, á expensas de una célula que podríamos llamar sub-epidérmica y que generalmente ocupa una situación próxima al vértice del nucelo, é inmediata á la micrópila, se originará en el seno de ese tejido una gran célula que se denominará saco embrionario ó célula madre del endosperma. En el más sencillo de los casos la formación

de ese nuevo elemento se hace por el crecimiento exagerado de una sola célula nucelar, pero en muchas otras plantas esa célula primitiva comienza por dividirse carioquinéticamente y así se originan por biparticiones sucesivas varias otras, de las que una se diferencia y se erige en saco embrionario, desapareciendo por reabsorción las demás. En pocas palabras: cualquiera que sea el modo inmediato de la formación de esa célula, lo que queda bien sentado es la diferenciación que se hace, en el seno de los elementos celulares que constituyen el nucelo, de una célula que crece muchísimo más que las que la rodean, hasta el extremo de que las rechaza y reabsorbe, concluyendo á veces por ocupar la mayor parte del espacio ocupado primitivamente por el nucelo.

Cuando esa célula *madre del endosperma* ó *saco embrionario* llega á su máximum de desarrollo la vemos formada por una membrana celulósica, que en su interior encierra un protoplasma granuloso ó reticulado, un gran núcleo central con su filamento muy visible y dos esferas directivas que también se destacan mucho.

La diferenciación sexual que va á operarse en su interior radica en la estructura del núcleo, el cual, durante el desarrollo del saco embrionario, ha tenido un número de cromosomas idéntico al del resto de las células vegetativas que lo rodean (24 cromosomas en el *Lilium martagón*) y que se nos vá á presentar ahora, al efectuarse la primera bipartición, con la mitad de los cromosomas primitivos.

Cuando el saco embrionario ha alcanzado su volumen definitivo su núcleo se prepara á dividirse carioquinéticamente. Lo primero que se observa es la separación de las esferas directivas, que se colocan en situaciones diametralmente opuestas y presiden desde esos puntos el movimiento carioquinético que se hace como de costumbre. Se forman pues, dos nuevos núcleos, que, repetimos tienen un número de cromosomas que no es más que la mitad del que poseen el resto de los núcleos vegetativos de la misma planta (12 en el *Lilium martagón*). Esos dos núcleos hijos quedan colocados próximos cada uno de ellos á una de las extremidades de la gran célula; el que ocupa la posición superior vuelve á entrar en carioquinesis para constituir dos nuevos núcleos y lo mismo hace el inferior, de modo que ya tenemos cuatro núcleos que ocupan posiciones más ó menos regulares en el sentido del mayor eje de la gran célula. La bipartición vuelve á hacerse por tercera vez; pero, generalmente el núcleo superior y el inferior cambian la dirección de la división, de modo que los dos nuevos que resultan se encuentran colocados transversalmente. A esta altura de la complicación del saco embrionario, si señalamos con cifras los cuatro núcleos que han resultado de la segunda bipartición, observaremos que el número 1, ó más elevado, ó anterior se ha dividido transversalmente en dos;

que el número 2, que le sigue, se ha dividido también en dos, pero en el sentido vertical; que lo mismo ha hecho el número tres, y que el número cuatro, que ocupa la región más inferior ó posterior de la célula se ha comportado de manera idéntica al número 1.

Ahora bien, los dos núcleos, que han resultado de la bipartición del número 1 y uno de los que se ha originado de la bipartición del 2 se rodean de protoplasma y se constituyen en otras tantas células; por el desarrollo de ellas y por las situaciones relativas que ocupaban los respectivos núcleos, estas tres células permanecen en la extremidad más anterior ó elevada del saco embrionario, pudiendo estar colocadas al mismo nivel, las tres ó, lo que es más común, algo más altas las laterales (las que han resultado del núcleo 1) y más baja la intermedia ria: aquellas son las células *sinérgídas* y esta última, la más importante de todas, es la célula *ovular* ú *oósfera*.

En la parte inferior del saco se han formado otras tres células que se colocan á la misma altura ó superpuestas, se rodean de una membrana simplemente protoplásmica ó celulósica y constituyen las *antípodas* que están destinadas, como las sinérgidas á desaparecer cuando sobrevenga la fecundación.

Pero nos quedan aún dos núcleos, de cuya suerte no hemos hablado, en efecto, uno de los que ha resultado de la división del núcleo 2 y la mitad del núcleo tres se encuentran separados por una ancha faja de protoplasma, que ocupa el centro del saco embrionario. Esos dos núcleos van al encuentro uno de otro y se conjugan constituyendo un núcleo único que ocupa el centro del saco embrionario y que, como veremos más adelante, recibirá el contacto de uno de los elementos masculinos y se convertirá en el huevo secundario.

En resumen, tenemos á cada óvulo constituido por uno ó dos tegumentos, un nucelo, más ó menos abundante y en el interior de este una gran célula: el saco embrionario que encierra en su cavidad á seis células hijas; dos *sinérgidas*, la *ovular* ú oósfera y tres *antípodas*. Esa gran célula conserva su núcleo, originando por la conjugación de otros dos y una cantidad de protoplasma, interrumpido á trechos por anchos vacuolos. A veces dispone también de algunas reservas nutritivas.

Lo que hemos dicho para el grano de polen lo repetimos para el elemento femenino: esta descripción es con pocas diferencias, que no alteran el cuadro general, aplicable á todas las Angiospermas; y el punto que más resalta es el de la diferenciación sexual del núcleo de la célula ovular, por reducción á mitad del número de sus cromosomas. Así nos explicaremos que, para que pueda la oósfera convertirse en el

huevo, necesite conjugarse con otra gameta (la masculina) que se encuentra en iguales condiciones respecto al número de cromosomas de su filamento nuclear: conjugándose se completan.

Hay alguna otra diferencia de estructura ó composición entre los núcleos de las dos gametas, por su modo de comportarse ante los reactivos colorantes: hemos visto que el núcleo vegetativo del polen es preferentemente *eritrófilo*, ó sea, que se tiñe mejor con los colorantes rojos; pues bien, los núcleos del organúsculo femenino y, sobretodo, el de la oósfera, son también eritrófilos, en oposición al germinativo del polen que es *cianófilo:* acepta mejor los colorantes azules.

50. Nectarios.—Los nectarios son órganos accesorios que dependen la mayor parte de las veces de la flor, pero que pueden también ser extraflorales.

Los nectarios florales son dependencias de algunos de los verticilos de la flor y solo en algunos casos pueden ser considerados como verdaderas hojas, adaptadas á este fin especial: segregar néctar.

Como órganos dependientes de los verticilos florales pueden encontrarse en el cáliz, en la corola ó en los ciclos reproductivos.

Muy comunmente se desarrollan en las proximidades de los órganos de la reproducción y, sobre todo, próximo al ovario; lo que fácilmente quedará explicado al estudiar su papel fisiológico.

Como nectarios calicinales se les suele ver tapizando el interior de algunos sépalos espolonados ó en forma de bolsillo como puede verse en algunas capuchinas (*Tropœolum*).

Dependen de la corola en los heléboros (*Helleborus*) y ranúnculos (*Ranunculus*) y, generalmente, las piezas de esos ciclos se adaptan como depósitos, tomando forma de bolsas, cornetes, etc.

Al rededor de los estambres suelen también desarrollarse, como se observa en muchas *Crucíferas*, en la base de cuyos etambres se ve un disco ó rodete, comunmente de color verde y que es un nectario que deposita su líquido en las bolsas que le ofrecen las bases de los sépalos.

Pero, como ya hemos dicho, donde más frecuentemente se desarrolan es las proximidades del órgano femenino. En muchas flores el entrenudo existente entre los estambres y el pistilo es bastante alto y saliente; las flores tienen un *disco* sub-ovárico, disco que caracteriza á muchas especies como se observa en gran cantidad de *Rutaceas*, *Labiadas*, *Borragíneas*, etc.

En cuanto á los nectario extra-florales pueden encontrarse en las proximidades de la flor, entre el cáliz y las brácteas de un involucro, por ejemplo, ó más lejos aún; como pasa con los que se desarrollan. en las bases de las hojas, próximas á las estípulas (*Vicia*), en las yemas, y aún en los cotiledones, como en los del ricino (*Ricinus communis*)

Estructura.—No tienen nada de característico.—Las formas que afectan son variadísimas y están de acuerdo con la forma de la región que ocupan; pudiendo ser pelos uni ó pluricelulares, bolsas ú órganos más ó menos salientes y limitándose, á veces, á tapizar la superficie de ciertas hojas.

En el corte, los nectarios dejan ver que están formados por una íntima acumulación de células paranquimáticas, generalmente más pequeñas que las de los tejidos próximos. Valiéndose de reactivos especiales (licor de Fehling) se puede demostrar que entre sus contenidos predomina en esas células la *glucosa*.—Encuéntrase también *sacarosa*, *manitosa*, etc.

La superficie de los nectarios va cubierta por una epidermis de células pequeñas, que se alargan á veces en forma de pelos. Algunas forman estomas que son comunmente análogos á los acuíferos, por tener células inmóviles y carecer de cámaras sub-estomáticas.

En cuanto al tejido fibro-vascular tiene muy escasa representación es estos órganos; pudiendo estar constituído por un manojito líbero-leñoso ó de simples células alargadas, que transcurre por el centro del órgano y pudíendo también faltar por completo.

Néctar; su papel fisiológico. — Cualquiera que sea la forma y estructura de los nectarios, están destinados á la producción, más ó menos abundante de un jugo fuertemente azucarado denominado *néctar*. Ese jugo, según la situación que tenga el órgano secretor, se acumula en cavidades especiales ó sale al exterior. En las flores gamopétalas es muy común la acumulación del néctar en el fondo de la corola, como se puede constatar en las flores de la madreselva (*Lonicera caprifolium*) en las de los jazmines (*Jasminum*), en las ericas (*Erica*), etc.

La mayor ó menor actividad de la secreción del néctar depende de causas que pueden ser originadas por las necesidades de la misma planta ó ser determinadas por causas exteriores.

Cuando los órganos florales nobles han alcanzado su completa madurez es cuando preferentemente segregan los nectarios y ese aumento de secreción es debido en gran parte á las grandes cantidades de azúcares que se acumulan en el interior de sus células y que por el hecho de ser sustancias muy ávidas de agua. establecen verdaderas corrientes osmóticas, tomando el agua de las células vecinas.

El aire seco que facilita la transpiración y clorovaporización disminuye la secreción nectarífera, que aumenta, por el contrario, cuando la atmósfera está cargada de vapor de agua y sobre todo durante las noches húmedas.

El néctar desempeña un importante y doble papel fisiológico: di-

rectamente debe ser considerado como una sustancia de reserva que la planta guarda para aprovecharla en la formación de nuevos órganos y tejidos; indirectamente, atrae á los pájaros é insectos que en él buscan un agradable alimento y que contribuyen en gran parte á la polenización. Así nos explicaremos la preferencia del desarrollo de estos órganos en las proximidades de los ciclos reproductores: es en donde más favorablemente pueden concurrir indirectamente á la polenización y de donde más fácilmente puede obtener el pequeño fruto en vías de desarrollo, los azúcares, que tan considerablemente modificarán su sabor.

Tal es, á grandes rasgos, la estructura de los órganos florales de las Angiospermas, antes de la fecundación.

Todos estos órganos, directa ó indirectamente toman parte en la transformación del *ovario* en *fruto*, del *óvulo* en *semilla* y de la *célula ovular* en un *embrión*.

No vamos á ocuparnos aún del funcionamiento de estos órganos, estudio que haremos en la parte fisiológica; vamos á dar por supuesto que se han efectuado todos los movimientos y fenómenos que tienen lugar hasta llegar á la transformación en fruto y semilla.

CAPÍTULO IX.

EL FRUTO Y LA SEMILLA

51. Generalidades.—El fruto proviene del ovario transformado; las paredes de este órgano se convierten en lo que se denomina *pericarpio.*

Comunmente, en la formación del fruto no toma parte más que el ovario, pero á veces, persisten también el estilo y el estigma y aún crecen y se modifican.

Los frutos pueden dividirse en simples, múltiples ó agregados y compuestos.

Los frutos *simples* son los que provienen de un ovario uni ó plurilocular, y en este caso gamocárpido; como por ejemplo el fruto del duraznero (*Prunus Persica*), la vaina ó legumbre del maní (*Arachis hipogœa*), etc.

Los frutos *múltiples ó agregados* son los que provienen de la transformación independiente de los distintos ovarios de un pistilo dialicárpido. Son frutos compuestos los folículos del anís estrellado (*Illicium anisatum*), los de los ranúnculos (*Ranunculus*), etc.

Los frutos *compuestos* son los que provienen de la transformación de los ovarios de varias flores distintas, pero que se encuentran tan próximas unas á otras que al convertir su órgano femenino en fruto se sueldan para constituír un todo contínuo. Los ejemplos clásicos son las del ananá (*Ananassa sativa*), el higo, (*Ficus carica*), etc.

La forma del fruto puede ser muy distinta de la del ovario de que proviene, á no ser que se trate de frutos pocos transformados que copian con bastante exactitud la fisonomía general del ovario.

La proveniencia de un fruto de un ovario ínfero ó de uno súpero altera considerablemente su aspecto y estructura general. En caso de ovario súpero comunmente el fruto será únicamente formado por esa parte del órgano femenino; pero cuando se trata de ovario ínfero intervienen, más ó menos indirectamente, en su formación, el cáliz, el receptáculo, el eje floral, etc.

Comunmente, cuando los óvulos no son fecundados, el pistilo se marchita y cae, y en la mayor parte de los casos, aunque esa fecundación tenga lugar el estílo es el que se marchita; sin embargo, en algunos frutos persiste y se reviste de tricomas especiales, ó sufre torsiones, de modo á adaptarse á la función que le corresponde desempeñar en la diseminación de frutos.

En los frutos provenientes de ovario ínfero, decíamos que intervienen más ó menos otros órganos florales y en efecto, por lo menos el cáliz deja siempre rastros de su presencia, como se observa en los frutos del manzano (*Pyrus malus*), del granado (*Punica granatum*), etc

En algunos frutos toma también parte el receptáculo, desarrollado y carnoso, que contribuye muchas veces á darles mejor apariencia ó á hacerlos comestibles y explotables. Tal sucede con el receptáculo crecido y carnoso de las fresas (*Fragaria vesca*), que es, en este caso, covexo y en su superficie lleva á los verdaderos frutos (*aquenios*), confundidos vulgarmente con las semillas.

En el fruto de la higuera obsérvase también un receptáculo muy desarrollado, pero que á la inversa de lo que sucede en el ejemplo anterior ha crecido y se sa desarrollado en concavidad, dejando en su interior á los verdaderos frutos, que como en el caso de las fresas son también aquenios. Es un fruto también, en cuya composición entra el receptáculo cóncavo y en forma de copa, el de las rosas, denominado generalmente *cynorrhodon*.

El cáliz ó un involucro de brácteas pueden acompañar el fruto, sin sufrir la metamórfosis carnosa ni envolverlo directamente, formando cuerpo con él, como se observa en la aolanácea conocida entre nosotros con el nombre de *uvita del campo* (*Physalis viscosa*), que posee un gran cáliz acrescente que envuelve, sin adherirse, al verdadero fruto, más ó menos carnoso que ocupa su centro.

Un fruto no está siempre formado por el mismo número de piezas que existieron en el correspondiente ovario; lo mismo sucede en lo referente al número de semillas que contiene, que por regla general es menor que el de los óvulos.

La diferencia en el número de piezas proviene de dos causas; ó de que haya disminución, por aborto de una ó más de ellas ó que por el contrario se formen falsos tabiques, que contribuyan á simular en el fruto mayor número de partes de las que existieron en el ovario.

El ovario del coco (*Cocos nuccifera*) y de muchas otras *Palmáceas* está constituido por tres carpelos que forman un ovario gamocárpido y trilocular; pero el fruto no consta más que de una sola pieza carpelar modificada, por aborto de las otras dos.

En otros frutos, por el contrario, hay formación de falsos tabiques que los dividen en mayor número de piezas que las que había en el ovario. Ejemplos: los frutos del lino (*Linum usitatissimum*) cuyo ovario pentacarpelar y pentalocular lleva dos óvulos en cada lóculo y al transformarse en fruto origina falsos tabiques que lo dividen en diez lóculos, con una semilla en cada uno.

Lo mismo sucede en muchas vainas de *Leguminosas-Cesalpineas*, en las que se forman falsos tabiques transversales que sub dividen al fruto en mayor número de cavidades que las que había en el ovario. (*Cassia fistula*).

52. Clasificación de los frutos.—Las modificaciones que sufren las paredes ováricas al transformarse en pericarpios, determinan el mejor caracter para la clasificación de los frutos, porque de una manera general se les puede dividir en frutos *secos* y frutos *carnosos*. En el primer caso hay desecación y lignificación de las células; en el segundo, las células de los parénquimas se llenan de jugos.

Combinando ese caracter con el que nos suministra la apertura expontánea, ó no, de los frutos que han llegado á su madurez, podremos dividirlos en frutos *secos indehiscentes*, que no se abren expontáneamente á la madurez; frutos *secos dehiscentes*, frutos *carnosos dehiscentes* y *carnosos indehiscentes*.

Frutos secos indehiscentes—Su tipo es el *aquenio*, que se caracteriza por las escasas modificaciones de las paredes ováricas que, al transformarse en fruto, permanecen separadas de la única semilla que en su cavidad encierran.

Los aquenios van muy frecuentemente acompañados por otras partes florales, que pueden ser el cáliz ó el receptáculo.

Los aquenios son simples cuando provienen de un ovario unicarpelar, y son compuestos cuando son el resultado de la transformación de un ovario multicarpelar, que aún cuando sea gamocárpido puede originar aquenios independientes.

Nos suministran ejemplos de aquenios simples los frutos de las *Compuestas*; como por ejemplo el de los cardos, vulgarmente conocidos con el nombre de *panaderos* y que, como en muchas otras plantas de esta familia, llevan un cáliz acrescente y plumoso que contribuye poderosamente á su diseminación. Las *Umbelíferas* nos suministran ejemplos de frutos en *diaquenios*, que provienen de un ovario gamocárpido y bicarpelar que al convertirse en fruto, desune sus dos carpelos, que solo quedan relacionados por un pedúnculo ó soporte común. Las *Labiadas* y *Borragíneas* nos ofrecen ejemplos de frutos en *tetraquenio*, que, á pesar de estar formados por cuatro aquenios, proceden, sin embargo, de un ovario bicarpelar, cuyos dos lóculos se dividen en cuatro por la formación de dos falsos tabiques.

En las *Cupulíferas* el fruto, que es también un aquenio, comunmente llamado *bellota*, va acompañado por un involucro de brácteas.

El *cariopse* es una variedad del aquenio, y fruto característico de la familia de las *Craminάceas*. Se caracteriza por la escasa representación de tejidos en el pericarpio y por encontrarse este intimamente adherido á la semilla, á la que reabsorbe, en mayor ó menor extensión, sus tegumentos. En el cariopse la mayor parte del fruto lo constituye la semilla.

La *sámara* ó *pterocarpo* es un fruto seco indehiscente que, por su parte fundamental ó verdadero fruto, no es más que un aquenio ó un cariopse, pero que se distingue esencialmente de estos por la presencia de una expansión membranosa de su tegumento externo, constituido en forma de ala y que desempeña importante papel en la diseminación del fruto. Nos ofrecen ejemplos de sámaras los fresnos (*Fraxinus*) y de *disámaras* ó samaras dobles los arces (*Acer*).

FRUTOS SECOS DEHISCENTES – Los frutos secos dehiscentes son los que expontáneamente se abren en la madurez para dejar salir á las semillas; se cuentan en esta categoría, los folículos, las vainas ó legumbres, las silícuas y lás cápsulas propiamente dichas, que forman el tipo, por decir así, de esta clase de frutos.

Hay que advertir, antes de describir esas formas de frutos, que cuando hablamos de frutos secos no tenemos un término exacto de comparación con los carnosos y por eso muchos de los frutos que, por algunos autores, son considerados como secos, son para otros cárnosos.

El *folículo* es un fruto seco que proviene de un ovario unicarpelar y unilocular y que á la madurez se abre por la sutura que une á sus bordes placentíferos. Esa hendidura puede ser apenas marcada ó puede hacerse en toda la extensión del órgano; de modo que la hoja carpelar metamorfoseada llegue á tener la misma forma que la del carpelo

teórico abierto que nos sirvió para nuestro primer estudio del órgano femenino, Los folículos rara vez se encuentran solitarios y abundan sobretodo en las famílias de las *Ranunculáceas* y *Magnoliáceas*. A las primeras pertenece la espuela del caballero (*Dephinium consolida*), de folículo solitario; los heléboros (*Helleborus*), las caltas (*Caltha palustris*) etc., de folículos múltiples en uno ó varios verticilos. El anís estrellado (*Illicium anisatum*) y la magnolia común (*Magnolia grandiflora*), son Magnoliáceas que tienen tambien frutos en folículos.

Las *vainas* ó *legumbres*, son los frutos característicos de la familia de las *Leguminosas* y provienen también de un ovario unicarpelar; pero la dehiscencia se efectúa por dos hendiduras que corresponden á la intersección de los bordes carpelares y á la mitad de la nervadura central del carpelo. Las legumbres pueden ser uni ó multiseminadas y á veces suele formarse en ellas falsos tabiques transversales que dividen el fruto en otros tantos lóculos (*Cassia*). Sirvan de ejemplo las vainas de las habas (*Vicia faba*), del poroto (*Phasœolus vulgaris*), de la arveja ó guisante (*Pisum sativum*) del garbanzo (*Cicer arietinum*), etc.

Algunas legumbres, á pesar de tener toda la apariencia y estructura de los frutos análogos de la familia, son poco dehiscentes ó completamente indehiscentes; tal sucede con el fruto del maní (*Arachis hipogœa*).

La *silícua* es el fruto característico de la familia de las *Crucíferas*, aunque se le observa también en algunas *Papaveráceas*. Es un fruto proveniente de un ovario bicarpelar, de placentación parietal; pero desde muy temprano las placentas crecen, al encuentro una de otra y constituyen un falso tabique que convierte al fruto en bilocular. La dehiscencia se hace por cuatro hendiduras que se establecen á un lado y á otro de cada placenta, y las láminas carpelares se van separando de abajo hacia arriba como dos valvas, dejando en el centro al tabique placentario que lleva á las semillas. Algunas silícuas suelen ser indehiscentes.

Cuando este fruto es mucho más largo que ancho se le denomina propiamente *silicua* y cuando es casi todo ancho como largo *silícula*. Los alheliés (géneros: *Matthiola* y *Cheiranthus*) nos ofrecen un ejemplo de silícua, y de silícula los carraspiques (*Iberis*) la coclearia (*Cochlearia*), etc. Son indehiscentes las silícuas de algunas *Sinapis*.

Las *cápsulas*, forman el tipo más abundante de frutos secos dehiscentes y ostentan gran variedad en el modo de abrirse.

Se dice que son *loculicidas* cuando se entreabren por la mitad de cada hoja carpelar, siguiendo la dirección de la nervadura central. Si

se trata de cápsulas uniloculares con placentación parietal, esta se abre en tantas valvas como carpelos, por ejemplo los frutos de las violetas (*Viola odorata*).

La dehiscencia loculicida se combina comunmente con la *septifraga*, cuando se trata de cápsulas pluricarpelares y pluriloculares, y en tal caso á la hendidura de la hoja carpelar se agrega una ruptura longitudinal de los tabiques y la formación como en el caso anterior, de otras tantas valvas que se separan más ó menos y dejan en el eje á las semillas, insertas en una placenta central. (cápsulas de algunas *Irídeas*. Otras veces la ruptura de tabiques ó dehiscencia septifraga se hace por un número doble de hendiduras, que el número de carpelos que ha formado al fruto, porque cada carpelo se separa por dos hendiduras laterales; algo análogo á lo que hemos visto en el caso especial de las silícuas. Así se entreabre la cápsula del *chamico* ó estramonio (*Datura stranomium*).

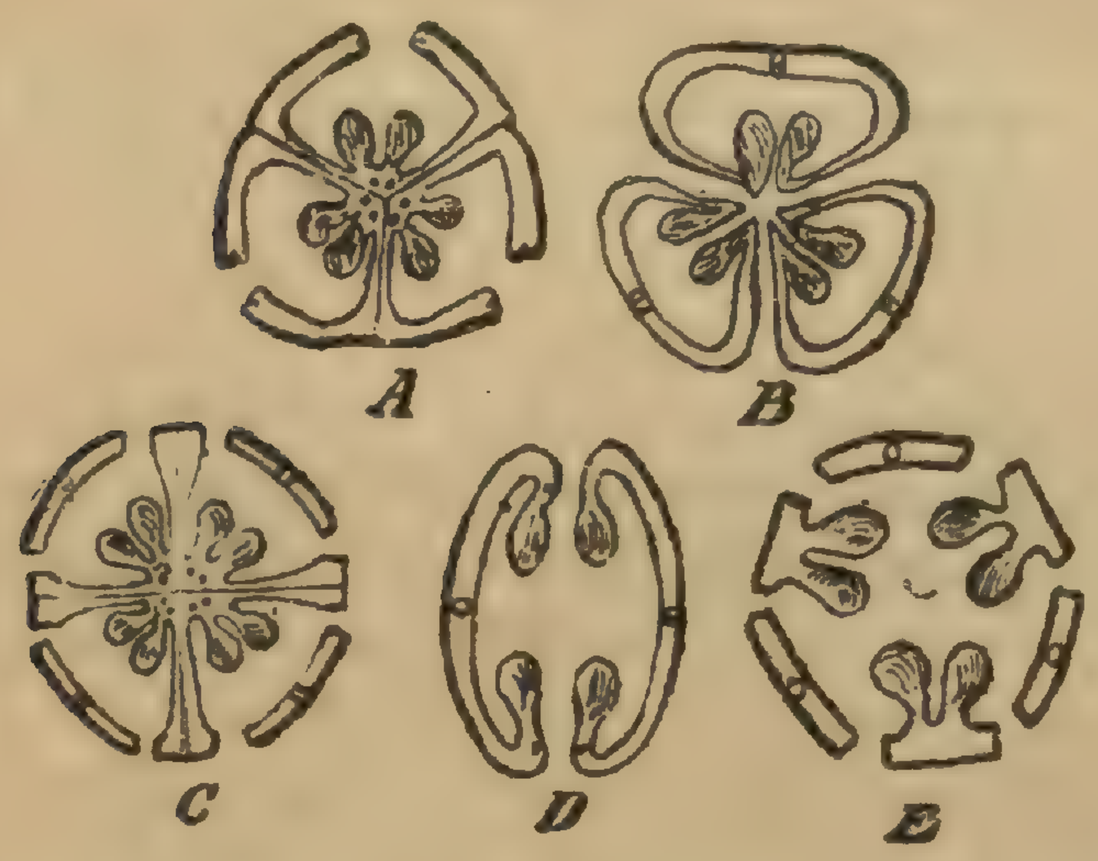


Fig. 103—Cortes esquemáticos de cápsulas que muestran las diversas formas de dehiscencia. —*A*. loculicida.—*B*. septicida.—*C*. septifraga. *D*. placentaria.—*E*. latero placentaria.

Las cápsulas son *septicidas* cuando la dehiscencia se efectúa siguiendo un camino inverso al que hicieron los carpelos al unirse; de modo que se hienden ó desunen, aislando cada uno su correspondiente lóculo; comunmente después de la dehiscencia septicida los bordes de los carpelos se se separan y dejan las semillas á la vista, convirtiéndose pues, en otros tantos folículos. Así se abren las cápsulas de muchas *Atristoloquiaceas*, las del cólchico (*Colchicum autumnale*) etc.

Las cápsulas de dehiscencia circular, también llamadas *pixidios*, se abren por la separación de una especie de opérculo ó tapadera que se forma en la parte superior del fruto á favor de una hendidura circular. Esa tapa cae y las semillas quedan en libertad. Ejemplos: las cápsulas del beleño (*Hyosciamus niger*), las del *llantén* (*Plantago*), las de algunas verdolagas (*Portulacca*) etc.

Las cápsulas *poricidas* son las que se abren por medio de poros ó pequeños orificios, que pueden originarse en diversas partes de ella; nos ofrecen ejemplos las cápsulas de algunas amapolas (*Papaver*), las del *conejito* (*Antirrhinum majus*), etc.

Finalmente, hay algunas cápsulas más ó menos carnosas, que además de su dehiscencia común, que puede ser loculicida ó septifraga, presentan la característica de abrirse con vehemencia, de modo que arrojan las semillas con mayor ó menor fuerza. Son ejemplos de ellas los frutos de algunos *vinagrillos* (*Oxalis*), los de los *brincos* (*Impatiens balsamina*) los de algunas *Euforbiáceas*, que, como las de la *Hura crepitans*, producen un estallido al abrirse, etc.

Frutos carnosos indehiscentes. — Son únicamente dos: la baya y la drupa.

Las *bayas* son los frutos que poséen las células de sus pericarpios llenas de abundantes jugos, lo que las hace ser más ó menos carnosas. En estos frutos carnosos puede establecerse bastante bien la diferencia entre un *epicarpio*, parte externa que corresponde á la epidermis del ovario; un *mesocarpio* que corresponde al mesófilo y un *endocarpio* que corresponde á la epidermis interna y placentas.

Tomando como ejemplo una baya de naranja, el epicarpio está representado por la parte amarilla de la corteza, el mesocarpio por los pellejos blancos y el endocarpio por la parte comestible.

La diferenciación en tres pericarpios es muy fácil en algunas bayas, por el distinto aspecto y estructura que cada uno de ellos presenta; en otras, como las uvas (*Vitis vinifera*), el endocarpio queda reducido á una capa de células unidas á las semillas y se confunde, por consiguiente, con el mesocarpio. Son bayas los frutos de muchas *Cucurbitaceas*, como el zapallo (*Cucurbita maxima* y *C. pepo*), el melón, (*Cucumis melo*), la sandía (*Cucumis citrullus*), etc, que poséen un epicarpio más ó menos leñoso, un mesocarpio carnoso (*sarcocarpio*) y un endocarpio apenas diferenciado. (Las bayas de las Cucurbitáceas suelen recibir el nombre de *pepónides*). Las bayas de las *Rutáceas* (naranja—(*Citrus aurantium*, limón—*Citrus limonium*. la toronja *C. medica*, etc.) son frutos de epicarpio y mesocarpio membranoso y endocarpio jugoso, que deben su jugo á la ingurgitación de pelos internos, en medio de los cuales se encuentran las semillas.

Hay frutos como los de algunas *Rosaceas-Pomeas* que se consideran intermediarios entre la baya y la drupa, por tener su endocarpio más ó menos apergaminado y bien diferenciado. Ejemplos: la pera (*Pyrus comunis*), la manzana (*Pyrus malus*), el membrillo (*Cydonia vulgaris*), etc.

Las *drupas* se caracterizan por la lignificación de su endocarpio: son los frutos con núcleo, hueso ó *carozo*. El mesocarpio y el epicarpio pueden ser más ó menos suculentos ó semi secos.

Son drupas los frutos de las ciruelas (*Prunus domestica*), de los duraznos (*Prunus persica*), de los damascos (*Prunus armeniaca*), etc.

Hay también bayas y drupas compuestas, que provienen de varias flores de la misma inflorescencia. A la primera pertenece el ananá *Ananassa sativa*); á las segundas las *frambuesas* (*Rubus idœus*).

FRUTOS CARNOSOS DEHISCENTES.—Son excepcionales, pueden mencionarse las *capsulas carnosas* que ya hemos indicado de los brincos (*Impatiens*), las de algunas *Oxalis*, etc., y además el fruto carnoso y unispermo de la nuez moscada (*Mirystica fragans*) que á la madurez se abre en dos valvas ó tapas que descubren á la semilla entre ambas.

Como un caso especial de dehiscencia de un fruto carnoso hay que mencionar el pepónide del *Ecballium elaterium*.

53. Estructura de los frutos; causas de la dehiscencia. —En los pericarpios del fruto encontraremos, con ligeras modificaciones, los tejidos que han formado la pared ovárica. Estudiaremos por su orden las modificaciones más importantes que experimentan los tres tejidos principales: parenquimático, epidérmico y fibro vascular, al transformarse el ovario en fruto.

El tejido parenquimático, se modifica considerablemente en los frutos carnosos, en los que suele haber aumento en el número y capas de células, al mismo tiempo que aumento del volumen de las mismas por llenarse de líquidos.

En algunos frutos el tejido parenquimático se convierte casi exclusivamente en un parénquima amilífero (bananas-*Musa sapientium*).

A la par de las transformaciones que se observan en los contenidos celulares hay que mencionar también las que tienen lugar en las paredes: las células parenquimáticas se convierten en colenquimáticas ó esclerenquimáticas; pudiendo encontrarse esos tejidos bajo forma de capas sub-epidérmicas ó en nucleos aislados ó formando trayectos más ó menos regulares, ó como en las *drupas* esclerificando fuertemente todo el parénquima que envuelve directamente á la semilla.

En los frutos secos hay comunmente una modificación casi total del parénquima, que se convierte en colénquima y que, aun cuando no engrose sus membranas, pierde por lo menos casi todo su contenido.

El tejido epidérmico poco se altera; suelen sus células convertirse en pelos más ó menos desarrollados, ó bien, cuticulizarse fuertemente y aún segregar eflorescencia cérea que asegure la impermeabilidad de esa capa. La cuticulización da á ciertos frutos suculentos una gran resistencia al nivel de su epicarpio; no hay más que recordar las vulgarmente llamadas *cortezas* de las uvas, ciruelas, etc. En algunos frutos secos la epidermis transforma sus membranas superficiales, engrosándolas en unos casos, ó gelificándolas, en otros.

El tejido líbero leñoso sufre muy escasas modificaciones. En los frutos secos se atrofia y se ocluyen sus vasos por ser ya inútiles, y en los frutos carnosos permanece en estado de actividad hasta la completa madurez del fruto; no existiendo más modificación, que el aumento de ramificaciones de los hacecillos fibro-vasculares, en el mayor número de los frutos carnosos.

Dehiscencia de los frutos—La dehiscencia de los frutos es un fenómeno que se explica físicamente y que es debido á la desigualdad en la retracción de ciertos tejidos por la influencia de la desecación.

Hemos visto ya que, en mayor ó menor extensión y afectando diversas posiciones, los parénquimas de la primitiva hoja carpelar se transforman en fibras de paredes engrosadas. Ahora bien, las fibras gozan de la propiedad de retraerse mucho más en el sentido de su anchura que en el de su longitud, cuando pierden agua por desecación.

Esta propiedad de las fibras vegetales se comprueba con un sencillo experimento que es ya clásico. Se cortan dos cuadrados pequeños, en una viruta de pino, por ejemplo, se les empapa en agua y se les encola después, para que se adhieran fuertemente, teniendo la precaución de que las direcciones de las fibras leñosas de los dos trocitos sean opuestas, es decir, que no tenga las fibras en el sentido vertical y el otro las tenga en el horizontal. Si así preparado nuestro trocito lo dejamos que se seque, notaremos una retracción en la cara que tiene las fibras verticales, retracción que dará lugar á una curvadura de todo el trozo, que se pondrá cóncavo en el sentido de las fibras verticales, que se han retraído según su espesor mucho más que las opuestas en el sentido de la longitud.

Ahora bien, si suponemos un fruto que posea un sistema de fibras parelales que formen una capa contínua en el espesor del pericarpio, salvo al nivel de un punto ó de una línea, en donde todavía hay tejido parenquimático de escasa resistencia, por la disociación de las láminas medias de sus células, cuando sobrevenga la desecación las fibras se retraerán en el sentido transversal y someterán á la parte débil, en forma de punto ó de línea, á tracciones que darán lugar á su desgarramiento.

Indirectamente puede también demostrar la influencia de la humedad ó de la desecación en el fenómeno de la deshicencia favoreciendo ó dificultando la llegada del agua al fruto que va entrar en dehiscencia y determinando de esa manera el momento en que se vá á hacer la apertura.

El *alfilerillo* (*Erodium cicutarium*) plantita que abunda en todas las paredes y entre los escombros, posée un fruto policarpelar que en el momento de la dehiscencia se divide en tantos aquenios como carpelos; aquenios que quedan suspendidos de una

prolongación estilar que por la desecación se enrolla fuertemente en espiral. Este fruto nos demuestra la influencia grande de la humedad sobre la dinámica de los tejidos del fruto; en efecto, es de observación vulgar que basta arrojar sobre el filamento espiralado una gota de agua para que se desenrolle en dirección opuesta á la primitiva y siguiendo un movimiento análogo al de las agujas de un reloj.

En cuanto á los pocos frutos carnosos que pasan por el fenómeno de la dehiscencia, ella se efectúa por causas inversas á las que determinan la de los frutos secos: la ruptura tiene lugar por exceso ó acumulación de agua en ciertos puntos. El ejemplo de la original dehiscencia de una *Cucurbitácea:* el *Ecballium elaterium*, nos ilustrará mejor que cualquiera descripción. Este fruto es una baya de epicarpio elástico. Durante la maduración se acumula en el interior del órgano gran cantidad de agua que contribuye á formar una pulpa semilíquida que rodea á las semillas. Esa pulpa se encuentra sometida á una hipertensión exagerada; de tal manera, que, cuando el fruto ha alcanzado su completa madurez, se produce entre su base y su pedúnculo una disociación, cuyo mecanismo es análogo al de las caída de las hojas; disociación que determina la formación de un agujero ú orificio, por el que sale con gran vehemencia la pulpa líquida y las semillas.

Los frutos carnosos son excepcionalmente dehiscentes; entre los más conocidos mencionaremos además de los del *Ecballium*, la baya piriforme de la nuez moscada (*Mirystica fragans*) y las cápsulas carnosas de los brincos (*Impatiens balsamina*).

Las semillas de los frutos carnosos quedan en libertad cuando desprendidos los frutos de la planta que los sostiene sufren fermentaciones y descomposiciones á las que no son ajenos muchos microorganismos cuyos gérmenes pululan en todas partes y que no esperan más que una oportunidad propicia para desarrollarse á sus anchas destruyendo la sustancia orgánica del fruto y dejando, por fin, en libertad á la semilla. Hacen excepción las drupas, en las que no es suficiente la destrucción de las partes carnosas para que quede en libertad la semilla, porque el endocarpio leñoso resiste con mayor energía á las causas de destrucción, que, fácilmente actúan sobre las bayas; pero basta que la semilla llegue á absorber agua, ó sea, que entre en la primera fase de la germinación, para que la presión interior que desarrolle sea bastante poderosa como para provocar la apertura ó deshicencia del endocarpio leñoso.

54.—La semilla—Como hemos estudiado el fruto estudiaremos á la semilla: la consideraremos ya formada, prescindiendo, por ahora, de las diversas transformaciones porque debe pasar el óvulo hasta convertirse en semilla. Más ó menos, todas las partes del óvulo tienen su representación en el nuevo órgano: á los tegumentos suceded tegumentos;

al huevo, el embrión; al huevo secundario, el albumen ó endosperma; y aún el nucelo tiene á veces su representación en el perisperma. Sin embargo, la mayor parte de las veces las modificaciones que se efectúan en el óvulo son bastante grandes como para que no se pueda establecer una comparación fácil y aparente entre sus diversas partes y las correspondientes de la semilla.

Una semilla completa de una Angiosperma consta esencialmente de dos partes; los tegumentos y la almendra. La almendra, á su vez, puede estar únicamente constituida por el embrión ó plántula, ó bien, constar del embrión y del albumen. Vamos á estudiar cada uno de los componentes seminales, comenzando por los tegumentos.

Fig. 104—Corte longitudinal de una semilla de lino (*Linum usitatíssimum*) en la que se ven los tegumentos, el embrión con sus dos cotiledones, la plúmula entre ambos y la radícula. El espacio punteado comprendido entre el embrión y el tegumento es el albumen.

Los TEGUMENTOS—Pueden ser dos y aún en tal caso no representan generalmente á los dos tegumentos del óvulo; lo que quiere decir que se alteran y transforman de diversas maneras al transformarse el óvulo en semilla. Cuando hay dos tegumentos bien diferenciados, se dice que la semilla tiene *testa* y *tegmen*, denominándose así á los tegumentos externo é interno, respectivamente.

La estructura del ó de los tegumentos es muy variada según las especies; lo único que parece ser constante es la relación que existe entre la mayor ó menor lignificación de ellos y la lignificación y dehiscencia del pericarpio. En efecto, los frutos carnosos ó poco lignificados y dehiscentes contienen comunmente semillas que tienen tegumentos fuertemente esclerificados, en una, dos ó más capas. Ejemplos: violeta *(Viola odorata*), conejito (*Antirrhinum majus*), etc.

La descripción de las diversas capas celulares que componen el tegumento de una semilla es casi imposible hacerla en conjunto, diremos pues, que el tegumento puede ser *carnoso* (semilla de granado – *Punica granatum*), *reticulado* (semillas de *Papaver somníferum*); puede expandirse en forma de alas (*Pawlonia*), dar origen á abundantes pelos (sauce - *Salix; algodón—Gossypium herbaceum*); gelificar fuertemente sus membranas epidérmicas, como en el lino (*Linum usitatissimum*), en el membrillo) *Cydonia vulgaris*), etc.

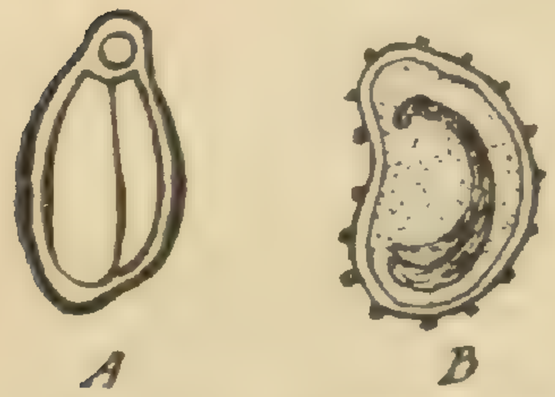
Si se trata de una semilla proveniente de un óvulo anátropo se encuentra casi siempre un *rafe*, indicio de la adherencia del funículo. La señal de la existencia de la micrópila se borra casi siempre, aunque siempre esa región permanece adelgazada y constituyendo un lugar de menor resistencia por donde escapa la radícula al sobrevenir la germinación.

Además de los tegumentos, que representan más ó menos fielmente á los primitivos del óvulo, suele encontrarse en la semilla otros tegumentos que se han originado en ellas después de la transformación: tales son los llamados *arilo* y *ariloide*. El arilo es un tegumento accesorio que se forma á expensas de un crecimiento del funículo al nivel de su inserción, es decir, partiendo del hileo. El arilo se origina como una expansión análoga á la que hemos visto que constituye el primer rudimento del desarrollo de los tegumentos ovulares; su estructura es muy variada, así como su aspecto exterior, pudiendo ser más ó menos carnoso, aflecado, membranoso, etc. Un ejemplo de arilo coloreado y aflecado nos ofrece la nuez moscada (*Miristica fragans*).

El ariloide es una expansión de variado aspecto y consistencia; pero que tiene un origen distinto del arilo: en lugar de originarse á expensas del funículo lo hace por un crecimiento de los bordes micropilares, como se observa en el bonetero (*Evonymus europæus*). Pueden considerarse también como arilóides á las carúnculas que se originan en las *Euforbiáceas* y que alcanzan á veces un gran desarrollo.

ALMENDRA.—Consta como hemos visto del embrión únicamente ó de embrión y albumen.

El embrión ó plántula consta de todos los órganos primordiales que tendrá el vegetal adulto: es, pues, una planta en miniatura, constituida por un pequeño eje denominado, *tallito*, una *radícula*, uno ó dos *cotiledones* y una *plúmula* ó *gémula*.



A *B*

Fig. 105—Corte longitudinal de dos semillas—*A*, de una crucífera de cotiledones incombantes y sin albumen—*B*, de una papaverácea, con albumen y embrión central y curvo.

El tallito, comúnmente recto y más ó menos cilíndrico, se continúa por su parte inferior con la radícula y la parte superior con la gémula, que no es más que una pequeña yema ó brote terminal que originará la prolongación del tallo y las hojas por su ulterior desarrollo. A una altura variable por debajo de la gémula, se insertan los cotiledones, comúnmente *opuestos*.

La radícula no presenta particularidad digna de mención, á no ser la de su posición. En algunos embriones no continúa la dirección general del embrión sinó que se dobla y se adosa á los cotiledones, pudiendo hacerlo sobre la cara de uno de los cotiledones y se llama entonces *acombante*, ó hien, se adosa á la ranura que le forman por un lado los bordes de los dos cotiledones y en tal caso se denomina *incombante* (fig. 105—A). Nos suministran ejemplos los embriones de las *Crucíferas*. Los cotiledones son de forma muy variable, comúnmcnte distinta de la de las hojas de follaje de la misma especie; pueden ser más ó menos peciolados ó completamente

sesiles y encontrarse adosados por una de sus caras, caso el más común, ó bien, más ó menos separados y con una lámina de albumen en forma de cuña, entre ambos. La mayor parte de las veces los cotiledones son más ó menos planos, pero en algunos casos, como en muchas *Malváceas*, *Convolvuláceas*, etc., los cotiledones se encuentran plegados. Su espesor y consistencia son muy variados según que se trate de almendras con albumen ó sin él. En este caso los cotiledones adquieren gran espesor y sus células se llenan de sustancias nutritivas que proveerán á las primeras necesidades de la plántula: tal es lo que se observa en los porotos (*Phaseolus*), habas (*Vicia*), almendras (*Prunus amygdalus*), etc.

En cuanto á la plúmula ó gémula, muy poco desarrollada en algunos embriones en los que está apenas representada por una pequeña cantidad de meristema poco ó nada diferenciado, adquiere en otros casos gran desarrollo, hasta encontrar en ella ya formadas las primeras hojitas de la planta (muchas *Leguminosas-Papilionáceas*).

En las Monocotiledóneas el cotiledón, muy grande, forma como un escudo que aisla al embrión por completo, separándolo del albumen; por su parte inferior alcanza hasta la extremidad del tallito y por su parte superior se prolonga muy por encima de la gémula á la que protege con una especie de vaina ó hendidura á través de la cual se desarrollará la misma.

No todos los embriones tienen la organización que hemos descripto; tanto entre las Dicotiledóneas, cuanto en las Monocotiledóneas (*Orquídeas*) suelen encontrarse embriones muy rudimentarios que están representados por una masa homogénea de células meristemáticas.

En las semillas que poseen albumen el embrión puede ocupar distintas posiciones y afectar también distintas direcciones: ser recto, más ó menos arqueado, etc. Cuando el embrión ocupa el centro del albumen se dice que es *central* y es *periférico* cuando se encuentra alrededor. El embrión periférico puede ser *lateral* cuando, como en las *Graminaceas* solo ocupa una parte de la semilla y *envolvente*, cuando, como en las *Cariofiláceas* rodea casi completamente al albumen.

La diferenciación de los tejidos en el embrión es muy rudimentaria. El tallito tiene un cordón fibro-vascular central que se continúa directamente con el mismo tejido de los cotiledones y de la radícula y que va envuelto por tejido parenquimático poco diferenciado. El conjunto de la plántula está rodeado por una epidermis.

ALBUMEN.—Como hemos dicho ya, muchas almendras están compuestas por el embrión únicamente: es lo que se observa en muchas Dicotiledóneas y en algunas Monocotiledóneas (*Orquídeas*); pero en muchas de las primeras y en casi todas las segundas el embrión está más ó menos rodeado por un tejido parenquimático, cuyas células poseen distintas clases

de contenidos según las especies, y que constituye lo que se llama *albumen*, en las Angiospermas, puesto que se reserva preferentemente el nombre de *endosperma* para la reserva de las semillas de las Gimnospermas cuya significación etiológica es muy distinta de la de las Angiospermas.

El albumen de las Angiospermas se origina en el interior del saco embrionario, por los sucesivos tabicamientos del llamado huevo secundario y en la forma y orden que estudiaremos en la parte fisiológica. Ahora solo nos ocuparemos de sus particularidades en las semilla ya formada.

En general pueden dividirse los diversos albúmenes en *amiláceos*, *albuminosos*, *grasosos*, *celulósicos*, *mucilaginosos*, *gelificados*, etc., según cual sea el principio inmediato orgánico que predomine como sustancia de reserva. Los albúmenes amiláceos están constituídos por células poliédricas que no dejan meatos y en cuyo interior se encuentra abundante cantidad de gránulos de almidón. Es la reserva más frecuente y se la encuentra en el albumen de las *Graminaceas*, en los cotiledones de las *Leguminosas*, etc. La reserva amilácea puede combinarse con la albuminosa ó proteica, tal como se observa en muchas *Gramíneas* que tienen las células más centrales del albumen, completamente amilíferas, pero en las más periféricas está entremezclado el almidón con corpúsculos de aleurona, y, finalmente, la última hilera de células, la que está en contacto con el embrión es puramente albuminosa.

Las reservas exclusivamente albuminosas son raras; además de la combinación ya mencionada, es frecuente observar la naturaleza grasoalbuminosa de ellas. Las semillas del ricino (*Ricinus comunis*), los cotiledones de las almendras (*Prunus amygdalus*), etc., poseen células parenquimáticas en cuyo interior se ve, emulsionada en el protoplasma, abundante cantidad de gotitas aceitosas y uno ó más corpúsculos de *aleurona*, sustancia albuminosa que va casi siempre acompañada por un cristaloide y un globoide.

Las reservas celulósicas, mucilaginosas, etc., no se encuentran en el interior de las células, sino en las paredes, á las que espesan considerablemente, dando lugar á los albúmenes llamados *córneos*, que en algunos casos, como se observa en el albumen del *Phytelephas macrocarpa*, puede ser bastante resistente como para que se le compare con el marfil y se le utilize con los mismos fines y bajo el nombre de marfil vegetal. Las células que gelifican sus membranas pueden hacerlo hasta el extremo de que su calibre quede muy reducido; puestas en contacto con el agua toda la reserva de la pared absorbe agua y se convierte en una sustancia mucilaginosa.

RESERVAS DISUELTAS.—Además de todas las sustancias enumeradas y que se encuentra figuradas en la célula, entre sus contenidos ó en su membrana, este organúsculo posee también sustancias orgánicas y minerales, disueltas en el jugo celular. Entre las primeras se encuentrani dver-

sas albúminas (*albúmina*, *lecitina*, etc.), hidratos de carbono, tales como la *glucosa*, la *sacarosa*, etc. y ácidos orgánicos libres y combinados con las bases y entre los que predominan el ácido *tártrico*, el *cítrico*, el *málico*, etc. Entre las reservas minerales se cuentan los fosfatos, los sulfatos, los cloruros, etc.

PERISPERMA—Hay semillas que además del albumen ya estudiado poseen otra reserva nutritiva que se conoce bajo el nombre de *perisperma* y que se origina por la persistencia de las células del nucleo y su enriquecimiento con sustancias nutritivas. En efecto, en la mayor parte de los óvulos que se transforman en semillas, el albumen ó el embrión crecen con tal vehemencia que reabsorben por completo á los tejidos del nucleo, pero en otras esta reabsorción no se efectúa y, por el contrario, las células se llenan de sustancias nutritivas que aprovechará el embrión para su futuro crecimiento. Hay semillas que poseen una doble reserva: albumen y perisperma, como se puede observar en la pimienta común (*Piper officinalis*), (fig. 106), y otras que solo poseen perisperma. En el primer caso la naturaleza de las dos reservas es, generalmente, distinta: así en la pimienta ya mencionada, en tanto que el albumen, escasamente desarrollado, es carnoso, el perisperma es amiláceo. Algo análogo se observa en muchas *Ninfáceas*.

Fig. 106—Corte longitudinal (semi-esquemático) de una semilla de pimienta (*Piper officinalis*). Se ven los tegumentos y un pequeñísimo embrión en la parte superior, rodeado por una pequeña cantidad de albumen. El resto lo forma el perisperma.

55. Germinación — La germinación es la transformación del embrión en plantita y se opera siempre que haya un conjunto de causas que dependen, de la semilla misma las unas y del medio ambiente las otras; las primeras se denominan causas *intrínsecas* y *extrínsecas* las segundas. Entre las primeras figuran la madurez de la semilla y el perfecto estado de sus partes y entre las segundas se cuentan, la presencia del oxígeno, del agua y de un grado de temperatura determinado. Estudiaremos cada una de estas causas, en el orden mencionado.

CAUSAS INTRÍNSECAS - Entre las causas intrínsecas figuran la madurez de la semilla y el perfecto estado de todas sus partes.

Comunmente se dice que la semilla está madura, cuando ha alcanzado á su máximun de crecimiento y tiene todas sus partes constitutivas perfectamente formadas.

Generalmente la madurez de la semilla se determina por la del fruto que la contiene, pero es regla que está sometida á una doble serie de excepciones: 1° porque hay semillas que aunque presenten los frutos

los caracteres de la madurez, ellas no han llegado aún á su completo desarrollo, como pasa en las de muchas *Rosáceas*, que tardan á veces uno y dos años en alcanzar su completa madurez y organización definitiva, aunque el fruto que las contiene ostente todos los atributos de la madurez; y 2º porque hay algunas semillas que son capaces de germinar aunque el fruto que las contiene y aun ellas mismas no hayan llegado á su completa madurez. Nos suministran ejemplos los porotos (*Phaseolus*), las habas (*Vicia*) y otras plantas de la misma familia.

No es suficiente que la semilla tenga los caracteres de la madurez; es menester que sea *buena* como dicen los agricultores, es decir que posea todas sus partes bien desarrolladas y que sus reservas estén en perfecto estado de conservación.

Los agricultores se valen de un medio empírico para ensayar la *bondad* de las semillas y asegurarse de que las reservas estén en buen estado; medio que consiste en echarlas en el agua: las *buenas* van al fondo, las malas flotan.

Para las semillas más comunes ó cuya siembra es más frecuente este procedimiento de distinción no es malo; pero es susceptible de error por una doble causa; hay semillas como las del ricino, y en general todas las que poseen reservas aceitosas, que tienen poca densidad y aunque sean *buenas*, sobrenadan y otras, como las que poseen albumen córneo y tegumentos lignificados que por su gran densidad se sumergen todas, las *buenas* y las que no lo son. De esta última condición son las semillas del dátil *(Phœnis dactylifera)*.

Bajo el punto de vista de la naturaleza de las reservas, puede decirse de una manera general que las que son amiláceas resisten mucho mayor tiempo sin alterarse; y siempre que las condiciones de las demás partes constitutivas sean convenientes la semilla amilácea germinará, aun cuando haga mucho tiempo que haya sido formada. Es bien conocida la resistencia que ofrecen las semillas de las *Graminάceas*.

La semilla de reservas grasosas se alteran por lo general con gran rapidez, debido á que esas sustancias se alteran por oxidación: se *enrancian*, como se dice en el lenguaje corriente.

Las reservas córneas tambien se alteran con relativa facilidad por desecación.

De aquí se deduce que, el tiempo que transcurre entre la formación completa de la semilla y su germinación, ateniéndonos únicamente á las condiciones intrínsecas, es muy variable y dependiente de la madurez y del estado de las reservas.

CONDICIONES EXTRÍNSECAS—La existencia de un grado determinado de temperatura es de capital importancia para que el fenómeno de la germinación tenga lugar. A este respecto, cada semilla posee un *mínimum*, un *màximum* y un *óptimum*, determinables experimentalmente. Así, por ejemplo, si tomamos una semilla de cebada (*Hordeum vulgare*)

y la hacemos germinar á 5°, la germinación se hará, pero con gran lentitud; si bajamos aún la temperatura, la semilla no germinará, y tendremos así determinada una temperatura mínima de 5°, por debajo de la cual esta semilla no germina. Si provocamos la germinación en otras semillas de la misma especie en medio de temperaturas progresivamente crecientes, observaremos que van siendo cada vez más favorables, porque la germinación se hace cada vez con mayor rapidez y hasta llegar á un grado, que para la cebada es de 28°7, que es el *óptimum*, porque si continuamos el experimento con temperaturas gradualmente más elevadas, observaremos que la germinación se irá haciendo cada vez con mayor lentitud, hasta llegar á un *máximum* que para el ejemplo adoptado es de 37°7' y por arriba del cual la semilla no germina.

La cantidad de agua que las semillas absorben para germinar, es también muy variada; puede también determinarse como en la causa anterior por medio de experimentos que nos indicarán un *máximum*, un *mínimum* y un *óptimum* de hidratación. En un medio absolutamente seco y aunque todas las otras causas intrínsecas y extrínsecas sean favorables, la semilla no germina; como no germina tampoco cuando se las sumerje en el agua, á menos de que se trate de algunas semillas de plantas acuáticas.

La presencia del oxígeno es también una condición esencial. En una atmósfera compuesta por otro gas: el hidrógeno, por ejemplo, la germinación no se produce como no se produce tampoco en una atmósfera oxigenada, cuando este gas se encuentra á presión distinta de la normal. La semilla para germinar necesita de cierta cantidad de oxígeno que como en las causas anteriores es un *máximum*, un *mínimum* y un *óptimum*, aunque varían en límites menos extremos: en efecto, puede decirse que la mayor parte de las semillas tienen su *óptimum* en presiones que se apartan muy poco por arriba y por debajo de la normal.

Formas de la germinación—Los medios distintos, por medio de los cuales el embrión se transforma en semilla constituyen las formas de la germinación. Estas formas varían principalmente con la clase de semilla: según se trate de *albuminadas* ó *exalbuminadas*.

En las semillas albuminadas las diversas fases de la germinación pueden ser reducidas á la descripción siguiente.

Puesta la semilla en condiciones favorables empieza por absorber agua, en proporciones que son también muy variadas según la especie de que se trate; esa absorción se efectúa comunmente por todo el tegumento, aunque con mayor intensidad por los puntos más adelgazados, que quedan en donde estaba la micrópila del óvulo. Esta absorción de agua tiene por objeto la solubilización y movilización consecutiva de algunas

de las reservas y la absorción de esas sustancias por la plántula, que las dirige á su parte terminal, originando el crecimiento de la radícula; la que, alargándose poco á poco escapa fuera de los tegumentos, generalmente por el punto más débil correspondiente al lugar en que se eucontraba la micrópila.

La radícula, influenciada desde su origen por la acción positiva de la gravedad se hunde en el terreno y durante un trayecto más ó menos profundo, según la especie de que se trate. Enseguida comienza el crecimiento del tallito que se alarga y se transforma en el miembro ó tallo *hipocótile* y que eleva consigo á los cotiledones, aun encerrados dentro de los tegumentos; cuando el tallo hipocótile ha alcanzado su desarrollo definitivo, los tegumentos se desprenden y caen y los cotiledones se abren dejando á la vista la plúmula ó gémula. Generalmente, cuando esto sucede, los cotiledones conservan aun las señales del papel que han desempeñado; señales que se manifiestan por una película más ó menos espesa de albumen que conservan aun adherida á sus caras externas y que comprueba que su papel ha sido el de absorber las reservas, digiriéndolas y transmitiéndolas al resto de la plántula. Los cotiledones permanecen algún tiempo como el primer par de hojas de la nueva planta y cuando la gémula se ha desarrollado y producido las primeras hojas se marchitan y caen. Esta forma de germinación es aplicable á la mayor parte de las semillas con albumen de las Dicotiledóneas, con pequeñas diferencias, que no alteran la descripción en lo fundamental, En las Monocotiledóneas varía algo el fenómeno, por el hecho de que el cotiledón no abandona casi nunca el albumen.

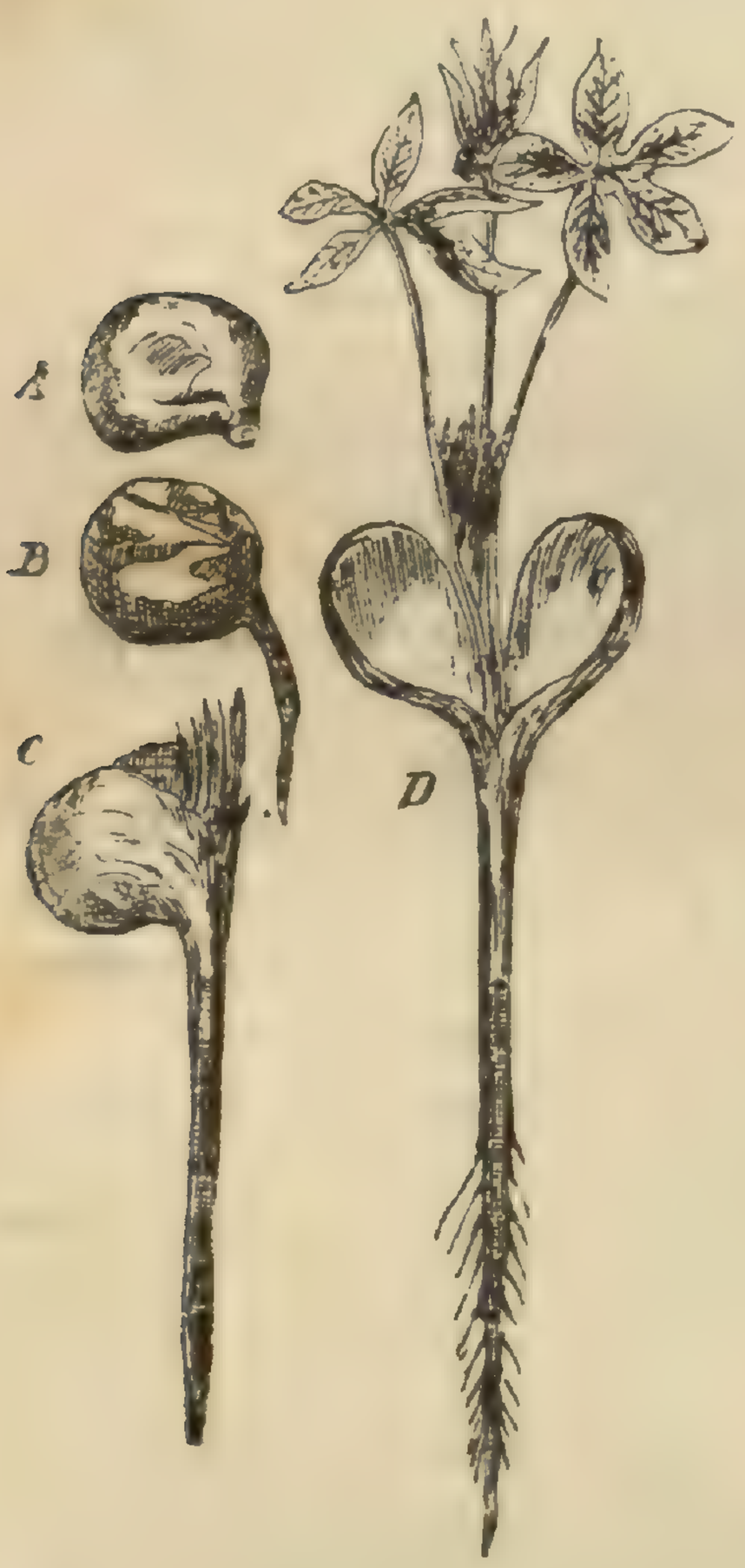


Fig. 107—Fases de la germinación del *Lupinus albus*. *A*, aparición de la radícula. *B*, un grado más avanzado. *C*, separación de los cotiledones y aparición de la gémula. *D*, aparición de las primeras hojas. Los cotiledones se van achicando y marchitando y concluyen por caer.

Así, por ejemplo, en las *Graminá-ceas* el cotiledón aplicado por una de sus caras contra el albumen, permanece encerrado dentro de los tegu-

mentos, digeriendo y absorbiendo continuamente las sustancias de reserva; y en otras familias, como en las *Palmáceas*, el cotiledón se alarga y se adapta á su función de digestión y absorción, efectuándose el desarrollo de la planta por fuera de la semilla y sin más relación con ella que la que establece el cotiledón más ó menos alargado.

En cuanto á las semillas que no poseen albumen, el mecanismo de su germinación varía poco; en el sentido de que las reservas en lugar de ser absorbidas por los cotiledones, como ya preexisten en ellos no tienen más papel que transformarlas para hacerlas asimilables y circularlas á los diversos órganos de la plántula.

Cualquiera que sea la naturaleza de la semilla: albuminada ó exalbuminada se distingue en los mecanismos de la germinación las de germinacion *hipogea* y germinación *epigea*, según que el miembro hipocótile al alargarse lleve consigo al cotiledón ó cotiledones, á las reservas y á los tegumentos, ó bien, que desde el principio la plantita en vías de desarrollo se independice y los restos de la semilla queden debajo de tierra ó por lo menos en contacto con ella.

DIGESTIÓN DE LAS RESERVAS.—Varias veces hemos repetido la frase: digestión de las reservas; y en efecto, el primer resultado de la absorción de agua por la semilla que va á germinar es la *movilización* de productos especiales llamados *fermentos solubles* ó *diastasas*, que varían con la naturaleza del albumen y que ocupan situaciones variadas dentro de la semilla, ocupando á veces células especiales de los cotiledones, á veces una zona especial del albumen, como en las *Graminácea*s, ó bien, encontrándose en las células del embrión, el que las envía á los puntos en donde están acumuladas las reservas á fin de transformarlas y hacerlas asimilables. En el capítulo siguiente tendremos oportunidad de volver á insistir sobre estas sustancias, que desempeñan un papel importantísimo en la vida de la planta.

FISIOLOGIA

CAPITULO X

FUNCIONES DE NUTRICION

Toda la fisiología del vegetal puede reducirse á funciones de nutrición y funciones de reproducción. Funciones de nutrición que se encargan de la conservación y desarrollo del individuo; funciones de reproducción que se encargan de la perpetuación de la especie.

56. Generalidades sobre la nutrición.—Los vegetales, privados de locomoción, toman sus alimentos de los medios en que viven. En general la forma química de esas sustancias es la de composiciones sencillas: binarias, ó cuando más ternarias y en algunos casos hasta cuerpos simples. Pero el vegetal como todo ser vivo es capaz de elaborar, transformar y crear, nuevos principios inmediatos y disponiendo de una organización bastante compleja y de la propiedad de la adaptación, dentro de ciertos límites, á la composición química del medio, se comprende que las funciones llamadas de nutrición sean también complejas, y que su perfecto conocimiento constituya uno de los más vastos estudios de química biológica y que presente, aun hoy día, muchas lagunas ó puntos oscuros, de difícil interpretación.

Asimilando las funciones de la nutrición vegetal á las de la animal, encontraremos muchos puntos de contacto y estudiaremos esas funciones en el mismo orden que generalmente se sigue en fisiología animal: a) entrada de la mayor parte de los alimentos al cuerpo de la planta, función que constituye la *absorción*, que se efectúa por la raiz *y* que va, á veces, precedida por una especie de digestión; *b*) *circulación* de las materias absorbidas; *c*) funciones gaseosas de las hojas, que comprenden la *asimilación* ó función clorofílica; la *respiración*, análoga á la de los animales; la *transpiración* y la *clorovaporización;* funciones que sirven para que el vegetal se despoje de un exceso de agua; *d*) la *nutrición* propiamente dicha, la que constituye la *asimilación* ó nutrición íntima en los animales *y* que al mismo tiempo que es la más importante de las funciones, es también la que más oscuramente se conoce, y *e*) la *secreción.*

Antes de estudiar esas funciones daremos un ligero vistazo á la composición química del vegetal, conocimiento absolutamente necesario antes de emprender aquel estudio.

57. Composición química de los vegetales—En la composición química general de los vegetales intervienen fundamentalmente los cuatro elementos, comunmente llamados *organógenos*: C., O., H. y Az., en proporciones variables; pero pudiéndose establecer el predominio del primer elemento en contraposición á lo que sucede en los animales, entre los que predomina el último. Además de esos cuatro cuerpos simples hay algunos otros que se encuentran tan esparcidos en el vegetal que su presencia en todos los órganos constituyen un hecho necesario; aunque no se encuentren en tanta abundancia como los anteriores: tal sucede con el S. y el Ph., elementos que por formar parte de la molécula de ciertos cuerpos albuminoides, que forman á su vez la base principal de la composición química del protoplasma, se encontrarán en todas las partes del vegetal, que conserven aunque sean pequenísimas cantidades de la sustancia fundamental. A la par del Ph. y del S., son elementos que no faltan nunca en la planta el K., el Ca., el Fe. *y* el Mg.; pero además de estos diez cuerpos simples, se han encontrado en los vegetales muchos otros, pudiendo casi decirse que todos los elementos han revelado alguna vez su presencia accidental ó normal en los tejidos de la planta.

La presencia de ciertos elementos en algunos vegetales constituye un carácter distintivo de ellos; así, por ejemplo, entre las plantas marinas abunda el Yo. y el Br., en las *Diatomáceas* (Algas), las *Gramináceas*, las *Equisetáceas*, etc., se encuentra el Si; en otras el Mn., etc. Todos estos cuerpos no se encuentran en la planta en estado libre, sino de una manera transitoria *y* excepcional, como pasa con el O. y con el S. (*tiobacterios*); de modo que el estudio químico de la planta con-

siste en el conocimiento de las diversas combinaciones que entre sí forman esos cuerpos, que gozan de individualidad por sus caracteres y como se comportan de diversas maneras ante los reactivos, constituyen los llamados *principios inmediatos.*

Si sometemos un vegetal ó parte de vegetal á la acción de una temperatura de 110° á 120°, conseguiremos, salvo excepciones, que se desprenda únicamente uno de los principios inmediatos más abundante: el *agua*; lo que aun queda constituye la *materia seca*, compuesta por el resto de principios inmediatos minerales ó inórganicos y los compuestos orgánicos. Si á esa sustancia seca la sometemos á la combustión al aire libre, arderá y todos los principios orgánicos desaparecerán bajo la forma de H^2O, CO^2, productos amoniacales, etc.; lo que aun queda son las *cenizas*, en donde se encontrarán todos los principios inmediatos inorgánicos.

Principios inorgánicos—Son principalmente, el agua y las sales.

El agua se encuentra en todos los vegetales, variando sus proporciones con el órgano considerado ó con la clase de planta. En ciertos leños muy duros y que constituyen la parte central ó duramen de los árboles el agua puede encontrarse en proporción de 8 á 10 %; en las semillas, y principalmente en las de reservas amiláceas, la proporción de este principio es también relativamente escasa; pero en las plantas herbáceas, en las flores, en los órganos tiernos del vegetal, en los frutos, etc., las proporciones de agua van aumentando hasta llegar en algunas Algas y Hongos á constituir el 90, 95 y hasta 98 % del peso total.

La cantidad de agua se determina pesando al vegetal, y secándolo después á una temperatura de 110° á 120°, que asegura la evaporación total del líquido, pesando nuevamente, después de la desecación, la diferencia de peso indicará la cantidad de agua perdida.

En cuanto á las sales se las encuentra repartidas en todo el vegetal bajo forma de cristales, en el interior de las células, incrustando las membranas ó disueltas en el jugo celular. Con excepción de las sales que se encuentran en el vegetal bajo forma cristalizada, como el *oxalato de Ca.* los *carbonatos de Ca.* y de K. etc. y que ostentan caracteres físicos perfectamente reconocibles por el microscopio, de las sales que se encuentran disueltas no es posible averiguar con exactitud la perfecta constitución química, por las transformaciones á que están sujetas en los procedimientos de calcinación á que hay que someter á la planta para obtener cenizas.

Las sales de potasio (fosfatos, carbonatos y sulfatos, y quizá combinaciones con ácidos orgánicos) abundan más que las de sodio.

Lo mismo puede decirse con respecto á las sales de Ca., de la que es frecuente encontrar el oxalato bajo forma de cristales que ocupan el interior de células especiales (parénquimas oxalíferos) y que probablemente

son productos de desasimilación de la planta y destinados á ser eliminados en plazo más ó menos próximo.

Algunas células superficiales se caracterizan por la abundante cantidad de *sílice* que poseen y que le dan una rigidez y una resistencia especial. Las membranas de ciertas algas silíceas ya mencionadas, resisten á la calcinación y conservan su forma por la presencia de los compuestos de silicio, que solo pueden ser disueltos por el ácido fluorhídrico en caliente.

Por lo mismo que no es posible establecer aún con exactitud la composición química de los principios inmediatos inorgánicos de la planta, no podemos tampoco asignarles con seguridad su papel fisiológico, estando reducidos á hipotesis para suponer que desempeñen el papel de sustancias de reserva, ó de productos de eliminación ó de protección, etc.

PRINCIPIOS INMEDIATOS ORGÁNICOS—Aunque artificial, es útil establecer la distinción entre principios azoados y no azoados.

PRINCIPIOS NO AZOADOS—Se pueden reducir á los siguientes grupos: *hidratos de carbono*, *grasas*, *ácidos vegetales*, *esencias*, *resinas* y *glucósidos*, en cuyo orden los estudiaremos.

HIDRATOS DE CARBONO—Son los principios inmediatos más abundante en el cuerpo vegetal y desempeñan un papel fisiológico esencialísimo.

Predominan dos de ellos por la abundancia en que se encuentran y por el importantísimo papel fisiológico que juegan: son la *celulosa* y los *almidones* ó sustancias amiláceas.

El almidón se encuentra como contenido intracelular y figurado de un gran número de células y se origina, como ya hemos visto, á expensas de los leucitos (*amiloleucitos*).

En la química de la nutrición vegetal es el hidrato de carbono que primero se origina, no estando aun habilitados para poder asegurar si se tra de una síntesis directa del C. con el H^2O, absorbida por la raíz ó si se forman cuerpos intermediarios.

El almidón es un principio ó conjunto de principios que responden á la formula $(C^6 H^{10} O^5)^n$ y comprendido entre los hidratos llamados *polisacáridos*. Es un cuerpo amorfo ú oscuramento cristalino, insoluble en el agua y cuyo principal reactivo es el Yo con el que dá una coloración azulada.

El almidón se encuentra más ó menos abundantemente repartido por todo el cuerpo del vegetal, pero predomina en ciertos órganos con parénquimas amilíferos, destinados á guardar á este cuerpo como sustancia de reserva.

Tal es lo que sucede cuando forma la mayor parte de la masa de las semillas y sobre todo de las *Graminάceas* y *Leguminosas*, ó cuando se le encuentra en los frutos, como en la castaña (*Castanea vulgaris*), ó en los tallos aéreos ó subterráneos (papas) ó por fin, en las raíces, como en la de la mandioca (*Manioc utilíssima*), las de las batatas *Ipomœa batata*), etc.

La *celulosa* es un hidrato que pertenece á la misma familia de los polisacáridos y que tiene, por consiguiente la misma fórmula bruta que el almidón $(C^6 H^{10} O^5)_n$.

Forma la mayor parte de la sustancia constituyente de las membranas celulares y su diseminación es, por consecuencia, muy grande en todo el vegetal. A veces se limita á formar la pared celular pura ó casi pura y muy frecuentemente se entremezcla ó incrusta con otras sustancias orgánicas ó inorgánicas. La celulosa suele también ser guardada como sustancia de reserva, y hemos visto ya que es en los granos de polen, donde más frecuentemente se encuentran reservas de esta naturaleza. Los albúmenes córneos de algunas semillas, son también en gran parte celulósicos.

La celulosa se colorea en azul por la acción del cloruro de calcio iodado, se disuelve en el licor de Schweizer (óxido de cobre amoniacal) y se colorea preferentemente con los colorantes ácidos.

En algunos Hongos y Algas (*Nostocáceas*) se encuentra reemplazada la celulosa de la membrana celular por la *metacelulosa* ó *fungina*, cuerpo considerado como una celulosa más condensada y que no se azulea por la acción del cloruro de calcio iodado, sino después de haber sido tratada por la potasa en caliente.

Estos dos hidratos de carbono son los más importantes en el reino vegetal por su abundancia; pero hay muchos otros que no haremos más que mencionar que son también dignos de tenerse en cuenta.

El *paramilón* y los *amiloides* (solubles é insolubles) son cuerpos de composición centesimal análoga á la del almidón, pero del que difieren por diversas propiedades en cuyo detalle no podemos entrar.

El paramilón se encuentra bajo forma de corpúsculos, en el protoplasma de algunas algas verdes (*Palmelàceas*). El amiloide soluble en varias especies de *Cariofiláceas* sobre todo en las células de los pétalos y en las epidermis disuelto en el jugo celular. Finalmente, el amiloide soluble ha sido encontrado como sustancia de reserva en algunas semillas de algunas *Leguminosas* y *Ranunculáceas*.

La *inulma* es otro polisacárido que forma por decir así un sucedáneo del almidón, puesto que se le encuentra como sustancia de reserva

en lugares en los que solo por excepción se descubre almidón. Fué encontrada primeramente disuelta en el jugo celular de las células de las raíces de la *Inula helenium*; pero se le encuentra también en los mismos órganos de muchas otras *Compuestas* y aún de *Campanuláceas;* así como también y esta vez en unión del almidón, en las hojas bulbares de algunas *Amarilidáceas* (géneros: *Leucoium* y *Galanthus*).

La inulina puede cristalizar (esfero-cristales) en el interior de las células en que está contenida, tratando á los tejidos en cortes groseros por el alcohol ó la glicerina pura.

El *glicógeno*, hidrato de carbono idéntico al del hígado del hombre es el reemplazante del almidón en los hongos. Porque estos vegetales desprovistos de clorófila son incapaces de engendrar almidón.

Los *azúcares*, bastante abundantes en el reino vegetal, pertenecen químicamense á dos familias diferentes: la de los *monosacáridos* ó *glucosas* y las de los *disacáridos* ó *sacarosas*. Las primeras responden á la fórmula general: $C^6\ H^{12}\ O^6$ y son la glucosa propiamente dicha ó *dextrosa*, la *levulosa* ó *rructosa* y la *galactosa*.

La glucosa abunda, aunque transitoriamente, en los vegetales verdes; porque constituye una de las fases por las que pasan el almidón y la sacarosa para ser aprovechados por la planta.

La glucosa es dextrógira: desvía á la derecha el plano de polarización; reduce fuertemente el licor de Fehling y es susceptible de fermentar directamente por la acción de las levaduras (fermentación alcohólica). Se la encuentra también como sustancia de reserva en el jugo de las uvas maduras.

La *levulosa*, *fructosa* ó azúcar de frutos es una isómera de la anterior, de la que se distingue, entre otras propiedades, por la de desviar hacia la izquierda el plano de polarización. Es la sustancia de reserva más común en los frutos maduros.

En cuanto á la *galactosa*, su estudio no presenta mayor interés.

Los *disacaridos* ó *sacarosas* son la *sacarosa* propiamente dicha, ó azúcar común ó de caña, la *lactosa*, la *trehalosa*, etc. Su fórmula centesimal es $C^{12}\ H^{22}\ O^{11}$ ó sea dos moléculas de glucosa con pérdida de una molécula de $H^2\ O$.

La *sacarosa* abunda como sustancia de reserva en ciertos frutos (ananá, cereza, etc.), tallos (caña de azúcar) ó raíces (remolacha); es cristalizable; no reduce al licor de Fehling y no es directamente fermentescible ni aprovechable por la planta, debiendo previamente *invertirse*, es decir, hidratarse y desdoblarse en dos moléculas de glucosa y levulosa. La inversión de la sacarosa puede efectuarse *in vitro* por la acción en calien-

te de los ácidos diluidos y se efectúa en la planta por efecto de un fermento soluble, la *invertina*.

La sacarosa es dextrógira y cuando se hidrata y desdobla se hace levógira, por eso se dice que se ha *invertido*.

La *maltosa* es un azúcar muy importante porque es el primer cuerpo que se forma en la digestión ó preparación del almidón, que como veremos, no es aprovechado por la planta como tal, sino después de haber sufrido la acción de ciertas diastasas.

La *trehalosa* representa en los hongos el mismo papel que el *glícógeno*; en tanto que este es el almidón fúngico por excelencia, aquella es el azúcar.

Las demás sacarosas como la *melitosa*, la *melezitosa*, la *lactosa*, etc., no tienen para nosotros mayor interés.

Las *gomas*, *mucílagos* y *sustancias pécticas*, son hidratos de carbono muy interesantes, del punto de vista botánico.

Las *gomas* se originan en algunas células de las plantas á expensas de sus membranas y aún de su protoplasma. Se las encuentra abundantemente en muchas Leguminosas (*Acacias*) y Rosáceas (*Pruneas*), y en su composición química entran sobretodo la *arabina* ó *ácido gúmico* y la *cerasina* ó ácido *metagúmico*. La arabina, que es soluble, forma, en combinación con la cal, la mayor parte de la goma arábiga y la cerasina también combinada y solo soluble en agua hirviendo forma la mayor parte de las llamadas gomas del país ó nostras.

El fenómeno de la *gomosis* se hace comunmente, á expensas de las membranas celulares de células de regiones especiales, que parece que estuviesen únicamente destinadas á dssempeñar ese papel.

Los *mucílagos* que abundan en ciertos vegetales y tienen algún interés medico son cuerpos de composición química compleja y variada, en la que predominan diversas formas de celulosa y principios pécticos. Los mucílagos tienen la propiedad de absorber agua é *hincharse*, no disolviéndose propiamente. Cuando hemos dicho que tal ó cual membrana celular se ha gelificado, hemos querido decir, que esa membrana ha pasado por la transformación mucilaginosa. El más común de los mucílagos, es el producido por el *Astragalus gummifer* y conocido con el nombre de goma *adragante* ó *tragacanto*. Son también mucílagos los que se desarrollan en las epidermis de las semillas de lino (*Linum usitatissimum*) y de membrillo (*Cydonia vulgaris*).

Las sustancias mucosas de las algas, como el agar-agar y otras sustancias análogas, pueden ser también comprendidas entre los mucílagos.

Los mucílagos parece que no desempeñan más función que la de absorber y retener agua.

Las GRASAS, son cuerpos muy abundantes en el reino vegetal. Se las llama *aceites* cuando son líquidas á la temperatura ordinaria y *mantecas* cuando son sólidas.

Por su composición química las grasas son consideradas como una mezcla de éteres de la glicerina; de modo que su composición y propiedades varían según la naturaleza del ácido que entre en la combinación. Así, cuando predomina en su composición la *oleína* (éter oléico de la glicerina) la grasa es líquida, y es sólida, cuando predominan la *margarina*, la *palmitina*, la *estearina*, etc.

Los ácidos que combinados con la glicerina originan á estos cuerpos, son comunmente de la serie de los ácidos grasos, cuya formula general es $C^n H^{2n} O^2$. Hacen excepción algunos como el ácido oléico que no pertenece á la serie.

Las grasas se encuentran en la planta como sustancias de reserva y para que puedan ser aprovechadas tienen que sufrir la acción de un fermento: la *saponasa*, que las saponifique; es decir que las descomponga en sus dos componentes: ácido graso y glicerina ó cuerpos derivados.

Siempre que se produce la acción de esta diastasa se puede apreciar por medio de reactivos el aumento de ácidos grasos; pero no se puede constatar la presencia de la glicerina, que parece que fuese combinándose á medida de su producción para originar cuerpos más complejos.

Los cuerpos grasos se encuentran comunmente en los pericarpios de los frutos ó en las semillas y son contenidos en células especiales que, á su vez los producen libremente entre su protoplasma, ó bien á expensas de leucitos ó plástidos especiales (*eleileucitos*). Mencionaremos como cuerpos grasos más importantes: los *aceites*, entre los que se cuentan: los de oliva proveniente del pericarpio del fruto del *Olea Europea*; el de almendras, que se encuentra en los cotiledones del embrión de *Prunus amygdalus*; el de ricino, por completo soluble en el alcohol, y proveniente del *Ricinus communis*; el de *maní*, proveniente del *Arachis hipogœa* y en cuya composición entra el ácido *aráquico*, etc., etc.

En cuanto á las *mantecas* ó cuerpos grasos más ó menos sólidos, son también bastante abundantes, pudiendo ser usadas algunas de ellas en medicina. Mencionaremos la manteca de cacao, proveniente de los cotidelones del cacao (*Theobrama cacao*); la de moscada obtenida de la semilla llamada nuez moscada (*Myristica fragans*); la manteca de laurel, proveniente del *Laurus nobilis*; la de *coco*, proveniente del fruto del *Coccos nuccífera*, etc.

Las *ceras* son cuerpos que no haremos más que mencionar, por presentar algunos puntos de contacto con las grasas, siendo generalmente combinaciones de esos mismos ácidos grasos con otros alcoholes que no son la glicerina. Hay, sin embargo, algunos cuerpos mal llamados *ceras*, como la cera del Japón preveniente de *Rhus succedanea,* que es una verdadera grasa susceptible de saponificarse.

Los ÁCIDOS ORGÁNICOS, son abundantísimos, aunque no tienen la importancia fisiológica que los grupos de cuerpos ya estudiados. Se les encuentra libres ó combinados con las bases alcalino-térreas ó con alcaloides. Comunmente se encuentran en el jugo celular.

Por su composición química son cuerpos ternarios, comunmente, aunque algunos tienen Az, y pertenecen á varios grupos y familias químicas.

Predominan en el reino vegetal los ácidos *oxálico, tártrico, cítrico* y *málico,* y, aunque mucho menos esparcidos, tienen importancia recordar la existencia del ácido *gálico,* en las flores de árnica (*Arnica montana*); el *fórmico* en los pelos urentes de la ortiga (*Urtica dioica*), y los ácidos *benzóico* y *cinnámico* que forman parte esencial de las óleo-resinas llamadas *bálsamos,* (*Bálsamo de tolú,* del *Toluifera balsamun*; *balsamo del Perú,* del *Toluifera Pererae,* etc.).

El ácido *oxálico* (C^2 H^2 O^4) es el que se encuentra más frecuentemente en el vegetal; pocas veces libre, la mayor parte de las veces combinado con el K ó con el Ca, bajo forma de cristales ó amorfo. El oxalato de Ca, se encuentra en el interior de células parenquimáticas especiales denominadas *oxalíferas.* En las Criptógamas vasculares, por el contrario, se le ve comunmente difundido entre los diversos elementos de un mismo tejido.

Cristaliza esta sal de diversas maneras y de acuerdo con ciertas condiciones de concentración y de acidez del jugo celular.

El oxalatos son productos de excreción de la planta: una vez hecha la cristalización dentro de la célula, el cristal persiste indefinidamente, mientras persiste el tejido. Este producto de excreción puede formarse como resultado de la nutrición del vegetal ó como un producto de degeneración en células muertas. Su papel fisiológico más importante, es el de servir como sustancia de defensa de la planta; por lo cual se encuentra más frecuentemente en las células más superficiales, las que más expuestas están á ser atacadas por los animales, para la mayor parte de los cuales constituye una sustancia tóxica.

El ácido *málico* (C^4 H^6 O^5) libre ó combinado se encuentra en muchos frutos y particularmente en las manzanas (*Pyrus malus*). Puede estar cristalizado ó en estado amorfo y puede considerarse como un produc-

to importante directa é indirectamente en la nutrición de ciertas plantas.

El fosfato de calcio, sal insoluble, se combina á veces con este ácido para formar un *malo-fosfato de Ca.* sal soluble, cuya circulación y asimilación se hace así posible.

Al hablar de las funciones de la raíz veremos que este organo es capaz de efectuar una especie de digestión sobre ciertas sales insolubres del suelo: no es improbable que uno de esos cuerpos encargados de esa función sea el ácido málico, por lo menos en lo que se refiere á la absorción del fosfato de Ca.

Al ácido *tártrico* (C^4 H^6 O^6), aunque menos abundantemente repartido que los anteriores, se le encuentra en los vegetales bajo forma de tartratos, comunmente cristalizados. El bitartrato de K es un cuerpo relativamente abundante en el jugo de las uvas maduras.

El ácido *cítrico* (C^6 H^8 O^7) se encuentra á la par que el anterior en algunos frutos, como frambuesas, grosellas, naranjas, y sobre todo en el jugo de los limones en donde es muy abundante y de los que se le puede extraer. Desempeña papel fisiológico análogo al málico, acidificando ciertos jugos suficientemente como para que disuelvan sales necesarias para la nutrición.

Las ESENCIAS Ó ACEITES ESENCIALES son cuerpos volátiles y odoríferos que, fisiólogicamente, pueden ser considerados como verdaderos productos de excreción, puesto que encerrados en células, canales ó cavidades especiales no son ya aprovechados por la planta.

Poco ó nada se sabe respecto al origen de las esencias aunque tiene bastante fundamento la creencia de que algo tienen que ver con la descomposición de la clorófila, porque su aparición coincide muy frecuentemente con la desaparición de aquel pigmento: tal como se observa en los pétalos en vías de formación de muchas flores olorosas.

Al hablar del tejido secretor hemos visto ya en qué órganos ó tejidos se desarrollan y almacenan estos cuerpos: no insisteremos, pues, sobre esto punto.

Son, las esencias, cuerpos comunmente líquidos; á veces sólidos (alcanfor), pero siempre volátiles; insolubles en el agua, son muy solubles en el alcohol y en el éter; presentan un aspecto parecido al de los aceites grasos y á ello deben uno de sus nombres; como estos cuerpos, manchan el papel, pero la mancha es susceptible de desaparecer calentándola.

Químicamente son de composición muy variada: hídro-carburos puros, algunas veces, cuerpos oxigenados ternarios, otras y con S. y hasta con Az. en algunos casos.

Las esencias se encuentran muy esparcidas en el reino vegetal

y constituyen un carácter propio de ciertas familias, en las que todas ó la mayor parte de las especies las poseen: como se observa en las *Labiadas*, las *Rutaceas*, las *Mirtáceas*, etc.

Algunas esencias no perxisten en el vegetal, sino que se forman cuando se machaca el órgano en contacto con el agua, originándose á expensas de glucósidos, suceptibles de descomposición por la acción de ciertos fermentos. Es lo que se observa con la esencia de almendras amargas, producto que se origina en diversos órganos de muchas Rosáceas-Pruneas, como el laurel-cerozo (*Prunus laurus-cerassus*), el durazno (*Prunus persica*), el almendro (*Prunus amygdalus*), etc. por la descomposición de un glucósido: la *amygdalina*, provocada por la acción de un fermento soluble: la *emulsina*.

Las esencias son comunmente de olores penetrantes y más ó menos agradables; hacen excepción las esencias sulfuradas que como las de ajo (*Allium sativum*), la de mostaza *Brassica nigra*, etc. son de olor muy desagradable.

Las esencias en contacto con el aire se oxidan transformándose en resinas; cuerpos que se encuentran en las mismas condiciones fisiológicas que aqueilas, por lo que se refiere á su papel de sustancias de excreción y á los tejidos en que se desarrollan.

A veces, solo una parte de la esencia se oxida, y en tal caso la resina que resulta permanece disuelta en la esencia constituyéndose así las *óleos-resinas*, cuyo tipo clásico nos suministran la *Coníferas*, con la *trementina* que de ellas se obtiene y que es una resina: la *colofonia*, disuelta en una esencia: la *esencia de trementina*.

Las óleos-resinas que llevan en su composición una cantidad más ó menos grande de ácido cinnámico ó benzóico se denominan *bálsamos*. Finalmente, suelen las resinas mezclarse en proporciones variables con las *gomas* y se constituyen así las *gomo-resinas*, de las que encontraremos múltiples representantes en la familia de las *Umbelíferas*.

De escasísimo interés del punto de vista de la nutrición, gozan todos esos cuerpos de gran importancia del punto de vista médico, por constituir la mayor parte de ellos medicamentos más ó menos apreciables. Tendremos, pues, oportunidad de conocer más de cerca á algunos de ellos.

Los GLUCÓSIDOS son cuerpos de composición y función química muy heterogénea; pero que se agrupan por una propiedad común que es la de ser susceptibles de descomponerse por la acción de fermentos, ácidos ó álcalis dando origen á la formación de dos ó más cuerpos, uno de los cuales es siempre la *glucosa*.

Los glucósidos son en su mayoría cuerpos no azotados, sin em-

bargo hay algunos azoados y aun azufrados como la *amigdalina* (C^{20} H^{27} Az. O^{11}) y la *sinigrina* (C^{10} H^{18} Az K S^2 O^{10}), ya mencionados.

Los más importantes y esparcidos glucósidos son los *taninos*, también llamados ácidos *tánicos*, por sus funciones ácidas débiles.

Los taninos se encuentran en muchas hojas y cortezas, así como en los frutos verdes ó en vías de maduración. Abundan sobre todo en los robles ó encinas y especialmente en la denominada *Quercus infectoria*, árbol en el que se producen, por la picadura de un insecto, unas producciones patológicas esferoidales, denominadas *nueces de agalla* y que poseen hasta un 30 o|o de su peso de ácido tánico ó tanino propiamente dicho (C^{27} H^{22} O^{17}).

Los taninos se encuentran en células especiales (células taníferas) ó difundidos en los tejidos. Fisiológicamente tienen un papel variable: siendo á veces y á la manera de los oxalatos, productos de excreción destinados á desempeñar un papel de defensa contra los animales (taninos de las cortezas) ó bien estando destinados á una existencia transitoria por su transformación en sustancias asimilables por la planta.

Esto último es lo que sucede con el tanino de los frutos verdes que poco á poco va transformándose en azúcar.

Además de los taninos, que son cuerpos medicinales muy usados por su astrigencia, se puede mencionar también los siguientes glucósidos: *coniferina* (en las *Coníferas*); *adonidina* (en los *Adonis*) *arbutina*, en el *Arctostaphilos uva-ursi*; digitalina (*Digitalis purpurea*); *convalamarina* (*Convaliaria maialis*); *estrofantina* (*Strophantus*); *convulina* y *jalapina* (diversas *Convolvuláceas*), la *fraxina* (*Fraxinus*), etc., todos ó casi todos cuerpos medicinales y algunos de ellos heróicos, como la digitalina.

PRINCIPIOS AZOADOS — Entre los principios azoados vamos á considerar á los albuminatos, á las diastasas y á las amidas y demás productos de regresión de los primeros, á los alcaloides y á los pigmentos.

Las sustancias ALBUMINÓIDEAS, forman como hemos visto la base de la composición química del protoplasma. Son sustancias cuyas fórmulas no están aún bien determinadas y que ostentan caracteres físicos y químicos sumamente variados.

En los protoplasmas jóvenes se encuentra la *albúmina* propiamente dicha, análoga á la que se vé en la clara del huevo y en cuya composición entra el azufre además de los cuatro elementos organógenos.

Su carácter esencial es el de ser coagulable por el calor. Se le en-

cuentra en solución en el jugo celular y forma también parte de la composición de los corpúsculos de *aleurona*.

Junto á la albúmina se puede mencionar á la *lecitina*, que es un principio en cuya fórmula entra el Ph. en lugar del S. y que abunda sobre todo en los núcleos y más aún en ciertas células germinativas (granos de polen).

La *caseina* vegetal también llamada *legúmina* es nn albuminoideo coagulable por los ácidos y no por el calor y se encuentra disuelto merced á ciertos compuestos alcalinos que se encuentran próximos á ella. Abunda particularmente en ciertas semillas de *Leguminosas* (habas, porotos, arvejas, etc.). Un principio análogo á la caseina se encuentra en el gluten ó parte azoada de las harinas de las Graminácеas y es conocido con el nombre de *gluten-caseina*.

La *fibrina* vegetal es también un albuminoideo que se encuentra en las semillas de algunas plantas y en el gluten de los trigos, en el que recibe el nombre de *gluten-fibrina*.

Junto á los albuminoideos propiamente dichos se puede mencionar también las *peptonas* y *propeptonas*, cuerpos probablemente transitorios en el vegetal y originados por la digestión ó preparación de los anteriores principios.

Las *diatasas*, *fermentos solubles*, *zimazas* ó *enzimas* son cuerpos de composición química mal determinada; con grandes puntos de contacto con los albuminoideos; también azoados y de una fragilidad tan grande que su estudio químico detallado es por el momento imposible.

Gozan de una propiedad importantísima y es la de ser capaces de provocar descomposiciones de cuerpos químicos complejos reduciéndolos á combinaciones más sencillas.

Las transformaciones efectuadas por estos cuerpos se hacen aunque estos figuren en pequeña cantidad, con más la particularidad de que conforme van efectuando la transformación ó descomposición á que están destinadas se van consumiendo y desaparecen.

Hasta hace relativamente poco tiempo se creía que todos los fermentos solubles conocidos obraban previa hidratación del cuerpo que iba á descomponerse; hoy día sabemos que hay fermentos *oxidantes* además de los *hidratantes* que son los mejor conocidos.

En fisiología animal el estudio de las enzimas constituye hoy día uno de los puntos favoritos de investigación y los numerosos estudios que diariamente se practican han logrado descubrir un gran número de estos cuerpos, cuyas funciones son muy diferentes.

Entre los fermentos solubles vegetales la mayor parte son hidratantes, sin embargo, puede mencionarse como un ejemplo, la diastasa denominada *lacasa*, encontrada por

Bertrand primeramente en el latex de las plantas que producen laca (*Rhus vernicífera*), pero que ha sido reconocida después en muchas otras. La lacasa constituye pues, un miembro de las diastasas llamadas *oxidasas*, cuyas funciones químicas no son aún bien conocidas.

El papel que desempeñan los fermentos solubles en la nutrición de la planta es fundaméntal: efectúan verdaderas digestiones, transformando sustancias que no son asimilables en sustancia asimilables.

Despreciando á los fermentos oxidantes, por ser los menos, todos los otros que mencionaremos son hidratantes, de modo que el cuerpo á transformarse, una vez en presencia del fermento, se hidrata, descomponiéndose después en otros principios que ya mencionaremos.

Los principales fermentos solubles son la *diastasa* propiamente dicha ó *amilasa*, la *invertina*, la *celulosa*, la *pepsina*, la *papaina*, la *saponasa*, la *emulsina*, la *mirosina*, la *pectasa*, la *inulasa*, la *lactasa*, *etc.*

La *amilasa* es el fermento soluble mejor conocido y el primero que se descubrió; á su otro nombre de *diastasa* deben estos cuerpos una de sus denominaciones. Actúa sobre las sustancias amiláceas desdoblándolas en *dextrina* y *maltosa*, previa hidratación. La dextrina vuelve á hidratarse y á transformarse en maltosa, de manera que esta azúcar es el último término de la digestión.

La diastasa se encuentra sumamente repartida en el cuerpo vegetal y abunda sobre todo en los órganos de nutrición activa y en cuyos contenidos celulares predomina el almidón; caso que se encuentra realizado en las semillas en vías de germinación y sobretodo en las de las Graminácеas. Siendo el almidón un cuerpo abundantísimo en los vegetales verdes y no asimilable directamente se concibe desde luego el importantísimo papel que desempeñará este fermento en la química de la nutrición.

La *invertina*, es una diastasa que actúa sobre la *sacarosa*, *invirtiéndola*. La *sacarosa* aunque soluble no es directamente asimilable; por la acción de la invertina se hidrata y se desdobla en dos glucosas isómeras: la *glucosa propiamente dicha* ó *dextrosa*, y la *levulosa* ó *fructosa*, que es lo que constituye el azúcar invertido, por ser la sacarosa un cuerpo que desvía á la derecha el plano de polarización (*dextrógira*) y desviar á la izquierda (*levógira*) el nuevo cuerpo que se ha formado.

La *pepsina* es un fermento análogo al de igual nombre que se encuentra en el jugo gástrico de los animales y que actúa en medio ácido sobre las sustancias albuminoideas, tranformándolas en *peptonas*. Abunda sobre todo en las semillas de reservas aceitosas, que poseen también gran cantidad de corpúsculos de aleurona, cuyas albúminas sufren la acción del fermento. Pertenece también á este grupo la *tripsina*.

La *papaina* es un fermento que se encuentra en el jugo lactescente de la *Carica papaya*, y también de la higuera (*Ficus carica*) y que obra á

la manera de la pepsina, pero lo hace en medio alcalino. Los fermentos que las plantas carnívoras usan en la digestión de los albuminoides son los mismos ó muy parecidos.

La *saponasa* actúa sobre los cuerpos grasos saponificándolos, es decir, desdoblándolos en los correspondientes ácidos grasos y otros cuerpos que probablemente son productos de descomposición de la glicerina.

La *celulasa* es un fermento mal conocido que obra sobre algunas celulosas transformándolas en una glucosa.

La *pectasa* transforma la *pectina* en *ácido péctico.*

La *inulasa* obra sobre la *inulina* tranformándola en *levulosa.*

La *emulsina* que se encuentra en muchas *Rosáceas* actúa sobre el glucósido llamado *amigdalina* y después de hidratarlo lo descompone en *glucosa*, *esencia* de *almendras amargas* (*aldehida benzilica*) y *ácido cianhídrico.*

La *mirosina* ea un fermento que se encuentra en muchas *Crucíferas* y que obra sobre dos glucósidos: la *sinigrina* y la *sinalbina.* Sobre la sinigrina, que es un *mironato* de *potasio*, efectúa una descomposición que origina: *glucosa*, *esencia de mostaza* (*isosulfocianato de alilo*), y *sulfato àcido de K.* y sobre la sinalbina, que es también un compuesto sulfo-azoado, descomponiéndola en *isosulfocianato de ortoxilbenzilo*, *sulfato acido de sinapina* y *glucosa.*

Las AMIDAS son productos de descomposición de los cuerpos albuminóideos y fases asimilables de los mismos. Químicamente pueden ser consideradas como sales amoniacales de ácidos orgánicos menos H^2 O., y en efecto, hidratando por ácidos diluidos á la *asparagina* se obtiene *aspartato* de amonio, si la amida elegida es la *leucina: valerato* de amonio, etc. Son las más importantes: la *asparagina*, la *leucina*, la *tirosiná* y la *glutamina.*

La asparagina se encuentra sumamente difundida en el jugo celular de los tejidos jóvenes. Abunda sobre todo en los brotes tiernos de los espárragos (*Asparagus officinalis*) y constituye uno de los cuerpos más importantes del punto de vista de la asimilación del Az.

La asparagina se combina con hidratos de carbono (glucosa?) para regenerar las sustancias albuminóideas.

Se la puede hacer cristalizar en el interior de las células por deshinratación.

Las otras tres amidas tienen el mismo origen y desempeñan un papel análogo al de la asparagina.

Los PIGMENTOS, que tan importantes papeles desempeñan, son de una composición química muy heterogénea, encontrándose entre ellos al-

gunos que ni son azoados (*carotina*) y ocupando en la célula lugares muy distintos.

La *clorófila* es el más importante de todos los pigmentos y el único cuyas funciones fisiológicas están bien determinadas. Es un cuerpo albuminóideo ó mejor aún una mezcla de varios cuerpos análogos; soluble en el alcohol é insoluble en el agua; se la encuentra impregnando á los leucitos ó plástidos que reciben el nombre de cloroleucitos. La clorófila se encuentra siempre mezclada con otros dos pigmentos: la *xantófila* y la *carotina* ó *eritrófila*, aunque predominando siempre y ocultando las coloraciones amarilla y roja de estos últimos con su color verde más intenso.

La *xantófila* es un pigmento de color amarillo y no azoado. Se le encuentra al lado de la clorófila ó predomina, cuando se trata de plantas ó tejidos desarrollados al abrigo de la luz (etiólicas).

La *eritrófila* ó *carotina* es un pigmento rojo, muy escaso, que es un simple carburo de H. Se le encuentra al lado de la clorófila y dando su color característico á ciertas hojas y raíces (raiz de zanahoria—*Daucus carota*).

En las Algas se encuentra junto á la clorófila otros pigmentos muy característícos, de naturaleza albuminóidea, solubles en el agua y precipitables por el alcool.

Son la *ficoeritrina*, pigmento rojo, la *ficocianina* pigmento azul, la *ficofeina*, pigmento pardo y la *ficoxantina*, pigmento amarillo.

Algunas Bacteriáceas poseen un pigmento especial rojo: la *bacterio purpurina*, que goza, como la clorófila de la propiedad de asimilar el CO^2.

Finalmente, los pigmentos conocidos bajo el nombre de *antociano* y que dan su color á las flores y á ciertos frutos son mal conocidos y probablemente mezclas de varios cuerpos distintos. El antociano varía su color según la reacción más ó menos ácida del jugo celular en el que se encuentra. Los ácidos lo ponen rojo, los alcalis azul y entre ambos extremos pueden encontrarse tonos violeta, rosados, amarillos, etc.

Los ALCALOIDES son cuerpos azoados de escasa importancia botánica, pero de gran importancia médica.

Son principios básicos susceptibles de formar con los ácidos minerales ú orgánicos sales análogas â las minerales y que se encuentran en la planta, comunmente, en combinación con ácidos órganicos.

Los alcolóides son casi todos sólidos, pocos líquidos y volátiles (*nicotina*, *conicina*, etc.) y en este caso son por lo general no oxigenados. Los alcalóides sólidos son cristalizados ó amorfos y por lo que se refiere á su estructura química, solo estamos reducidos á teorías para explicarla.

Botánicamente, los alcalóides tiene un payel muy oscuro; por la

situación que ocupan en las plantas, en tejidos especiales, comunmente superficiales, parecen que fuesen á la par de los glucósidos y oxalatos, sustancias de excreción que se acumularían en las regiones con un fin defensivo; ya que la mayor parte de ellos son tóxicos violentos cuya presencia alejaría á los animales. Sin embargo, en algunos casos, como se observa en algunos frutos, los alcalóides son sustancias aprovechables por el vegetal y por consiguiente de existencia transitoria como se observa en el *Papaver somniferum*, el jugo lactescente (*opio*) de cuyos frutos es más rico en alcalóides antes de la madurez que después.

Tendremos oportunidad de trabar conocimiento más íntimo con muchos alcaloides, puesto que la mayor parte de ellos es usada en medicina, ya sea con fines terapéuticos, ya con el fin de provocar fenómenos de intoxicación especial en fisiología experimental.

Mencionaremos como ejemplos los siguientes alcaloides: *morfina codeina*, *narceina*, *papaverina*, etc., hasta completar 19, alcaloides procedentes del opio, jugo lactescente del fruto verde del *Papaver somniferum*; la *quinina*, la *quinidinà*, la *cinconinà*, la *cinconidina*, etc., hasta completar 24, procedentes de las cortezas de varias especies del género *Cinchona* (*Rubiaceas*) y denominadas *quinas*; la *estrignina*, la *brucina*, la *curarina*, etc., procedentes de varias especies del género *Strychnos* (*Loganiáceas;*) la *atropina*, la *beladonina*, la *atropamina*, etc., que proceden de la *Atropa belladonna;* la *ergotinina* del *Clavicèps purpurea* (*Hongos;* la *aspidospermina*, la *aspidospermatina*, la *quebrachina*, la *hipoquebrachina*, etc. procedentes del quebracho (*Aspidosperma quebracho*;) la *teobromina* del cacao (*Theobroma cacao*); la *cafeina* y la *teofilinà* del té (*Camellia thea*); la *cocaina* de la coca (*Erythroxylon coca*); la *pelletierina*, *pseudo pelletierina*, *metilpelletierina* é *isopelletierina* de la raíz del granado (*Punica granatum;* la *eserina*, la *eseridina* y la *calaberina* del haba de Calabar (*Physostigma venenosum*); la *esparteina* alcaloide líquido del *Spartium scoparium*; la *conina*, la *metilconina*, la *conidrina* y la *seudoconidrina* de la cicuta (*Conium macalatum*); la *cicutina*, que es también líquida como la conina y que se encuentra en la *Cicuta virosa*; la *pilocarpina*, *jaborina* y *pilocarpidina* del jaborandi (*Pilocarpus pinnatifolius*); la *aconitina*, la *aconina*, la *napelina*, la *mioctonina*, etc. de varias especies del género *Aconitum* (*Ranunculaceas*); la *hidrastinà*, la *berberina* y la *canadina* del *Hydrastis canadensis* (*Ranunculàceas*), etc., etc.

La producción bacterianas denominadas toxina, y aun mal conocidas, tienen muchos puntos de contacto por su modo de originarse y por sus funciones químicas con estos alcalóides.

58. Alimentos de los vegetales—Conocida la composición química en general de los vegetales, podemos ya ocuparnos de las sustancias que son aptas para nutrir á la planta, ya porque sean directa

mente asimiliables ó bien porque la planta ejerza sobre ellas una especie de preparación ó de digestión.

Para la averiguación de la composición química y de la naturaleza y papel que desempeñan las sustancias nutritivas podremos valernos de dos medios: uno *analítico* y otro *sintético*. Por el primero se averigua que elementos entran en la composición del cuerpo vegetal; pero no nos suministra noción alguna respecto á la forma química en la que deben presentarse los alimentos para poder ser introducidos dentro de la planta, solubilizados é identificados. Donde falla el método analítico aparece el sintético que nos permite estudiar la forma de los alimentos y la relativa importancia de cada uno de ellos. Así es, como hemos averiguado que hay ciertos elementos que, aunque figuran constantemente en los diversos análisis practicados, no constituyen elementos esenciales, pudiendo faltar sin que la vegetación se afecte mayormente.

Los métodos sintéticos consisten en el cultivo de la planta en medios artificiales, de composición química bien determinada; medios á cuya preparación se ha llegado basándose sobre todo en los datos suministrados por el análisis y por tanteos empíricos.

El método sintético decíamos, nos permite establecer que, ciertas sustancias que constantemente figuran en los análisis de ciertas plantas no son esenciales; así, por ejemplo, el maiz (*Zea mais*), como todas las *Gramíneas* posee en su aparato vegetativo gran cantidad de silicio, sin embargo, á pesar de estos datos que suministra el análisis, el maiz es susceptible de crecer y desarrollarse perfectamente en un medio artificial desprovisto de Si., sin que se observe más modifición que una rigidez menor en sus epidermis.

Los experimentos que sintéticamente demuestran la composición química de los vegetales y el papel y naturaleza de sus alimentos, se realizan en medios artificiales que pueden ser líquidos y sólidos. El punto de partida de estas interesantes demostraciones ha sido el cultivo de las especies criptogámicas, sobretodo de las Bacteriáceas.

La composición de los diversos medios de cultivo es sumamente variada, predominando siempre el H^2O y dejando establecido la noción general de que el medio variará fundamentalmente, segun que se trate de una planta verde ó de una planta desprovista de clorófila: la primera obtiene su C, directamente de la atmósfera, y la segunda necesita una sustancia orgánica que le suministre ese elemento.

Damos á continuación la fórmula de un liquido de cultivo para plantas verdes que es bastante usado. Es la fórmula de Knop:

Nitrato de potasio.....	0'250	*Gramos*
» de calcio.....	1'000	
Fosfato de hierro.....	trazas	
Fosfato ácido de potasio.....	0'250	
Sulfato de magnesio.....	0'250	
Agua destilada.....	1000'000	

Por análisis y por síntesis hemos llegado á la conclusión de que á pesar de que en los vegetales puede encontrarse la mayor parte de los cuerpos simples conocidos, solo diez de ellos son verdaderamente esenciales; á saber: C., H., O., Az., Ph., S., Mg., Fe., Ca. y K.

Ahora bien, ¿en qué forma ó de qué combinaciones obtiene la planta esos elementos? Con excepción del O. y en algunos casos del Az., todos los elementos esenciales los obtiene el vegetal de las combinaciones de los cuerpos que lo rodean: en el aire, en el agua ó en el suelo.

El anhidrido carbónico que se encuentra en la atmósfera, es absorbido por las plantas verdes y descompuesto y es esa la principal, sino la única, fuente de obtención de carbono. En las plantas desprovistas de clorófila la obtención de ese cuerpo es más difícil; ya veremos las distintas maneras por las que pueden conseguir este elemento, el más importante, si se considera que él solo forma más del 50 °/₀ de la sustancia seca de la planta.

El oxígeno, lo obtiene el vegetal de la atmósfera por medio de la función denominada *respiración* En parte también del agua y de las sales del suelo.

El hidrógeno del agua del suelo.

El ázoe de las sales del suelo: nitratos y compuestos amoniacales (sulfato de amonio, nitrato de Ca y de K, etc.).

Se exceptúan, como ya hemos visto, ciertos micro-organismos que viven en las raices de las leguminosas y que son capaees de asimilar el Az. libre del aire que baña el suelo.

El azufre lo obtienen de los sulfatos, que en mayor ó menor cantidad, se encuentran en el suelo; sobretodo el sulfato de Ca (*yeso*) y los de K y Mg.

El Ph, proviene de los fosfatos de amonio, de potasio ó de Ca, etc.

Todos los otros elementos se obtienen de las combinaciones que de ellos se encuentran en el suelo: el Si. del sílice y de los silicatos; el Fe. de los cloruros y óxidos, etc.

Hay que notar que la planta posee una especie de poder electivo en lo referente á la obtención del alimento: lo que quiere decir que aunque el medio sea muy rico en una sustancia dada, y siempre que no sea nociva para la vegetación, si la planta no la necesita para su nutrición no la absorbe. El caso contrario es también cierto: las proporciones de Io. y de Br. en el agua de los mares es mínima en comparación con la gran cantidad de esos metaloides que contienen las algas que en esas aguas viven.

Hay vegetales que tienen decidida preferencia por ciertos cuerpos á los que absorben en gran cantidad. Además de las algas, ya mencionadas, se puede citar también las llamadas plantas *potásicas*, como las papas (*Solanum tuberosum*), que absorben gran

cantidad de K; las plantas *calcícolas*, como el *Iris fœtidus*, que necesitan gran cantidad de calcio y las *silicícolas* que necesitan mucho silicio como las *Gramináceas*, las *Equisetáceas*, algunos *Helechos*, etc.

Todas las sustancias que hemos mencionado constituyen lo que propiamente se denominan alimentos de los vegetales, ó los que también podríamos llamar alimentos exteriores; pero además de estos, las plantas aprovechan las *sustancias de reserva*, que almacenan en parajes, por decir así *neutrales*, de sus propios cuerpos y á las que recurren en cuanto tienen necesidad, por escasez de alimentos exteriores.

Generalmente la planta utiliza con preferencia las sustaneias de reserva ó *alimentos interiores*, y solo cuando ha agotado todas sus economías hace trabajar á sus órganos de absorción á fin de que le proporcionen nuevas sustancias. Y la razón es obvia: las sustancias de reserva se encuentran ya preparadas y al alcance inmediato, por decir así, de la planta. Son generalmente cuerpos ya elaborados anteriormente por la misma planta; en tanto que las sustancias exteriores tienen que ser combinadas y transformadas de muchas maneras distintas antes de poder ser utilizadas.

El mejor ejemplo de aprovechamiento prévio de reserva nos lo suministra la semilla que germina, la que agota primero todas las sustancias de reserva hasta el momento que ha alcanzado bastante desarrollo y sus órganos de absorción se han forticado y crecido lo suficiente como para asegurar la nutrición definitiva del nuevo individuo.

59. Absorción y digestión.—Conocidas las sustancias capaces de ser incorporadas mediata ó inmediatamente al cuerpo vegetal, vamos ahora á ocuparnos del modo como penetran en el interior del cuerpo y de las modificaciones á que deben ser sometidas en muchos casos.

Por absorción en el sentido más amplio debíamos comprender la entrada dentro del cuerpo vegetal de toda sustancia nutritiva; pero le daremos la acepción mucho más limitada que le asignan muchos botánicos, entendiendo por absorción la que se efectúa unicamente por la raíz.

Ahora bien, para que una sustancia pueda ser absorbida es menester que se encuentre en estado líquido ó gaseoso. Los medios de que la planta dispone no le permiten la absorción de partículas sólidas, por mínimas que sean. Todas las sustancias absorbidas tendrán que serlo, pasando al través de las membranas de un número más ó menos grande de células.

Por la raíz el vegetal absorbe en gran cantidad el agua; pero este líquido lleva en solución una gran parte de las sustancias nutritivas que hemos mencionado y que forman parte de la constitución química del suelo.

Entre las sales que forman parte del suelo hay algunas insolubles, de modo que la raíz debe de efectuar una solubilización ó digestión previa, para que esas sales incorporadas al agua puedan ser absorbidas.

Los pelos radiculares, encargados propiamente de la absorción, segregan productos ácidos que actúan sobre los fosfatos y carbonatos insolubles y los transforman, convirtiéndolos en sales solubles.

Que los pelos radiculares segregan sustancias ácidas es indudable; pero la determinación exacta de la naturaleza de esos cuerpos no está aún hecha.

Si se hace crecer una plántula de arveja (*Pisum*) en un tiesto cuyo fondo sea una placa de mármol (carbonato de Ca., insoluble) se podrá observar que la raíz crece perpendicularmente hasta encontrar á la placa, ó cuyo contacto se invierte y se adapta paralelamente á ella y hasta llegar obedeciendo á la acción geotrópica positiva. Si retiramos con cuidado la plantita y la chapa de mármol, observaremos que la raicilla ha dejado un molde de sus dimensiones y ramificaciones sobre la placa de marmol, que se ha hecho soluble, en parte, por las secreciones de la raíz (ácido carbónico?)

Entre los cuerpos ácidos segregados por la raíz, y además del anhidrido carbónico se puede mencionar también el ácido *málico* que segregan las raíces de algunos euforbios y que, combinándose con los fosfatos de Ca insolubles, los transforman en *malo-fosfatos* de Ca que son solubles. Otras veces la raíz segrega sales ácidas que obran también como disolventes. La más importante de ellas es el fosfato ácido de K.

Ahora bien, dispuesto convenientemente el medio, más ó menos cargado de agua y de sales al suelo, ¿cómo y quien vá á efectuar la absorción?

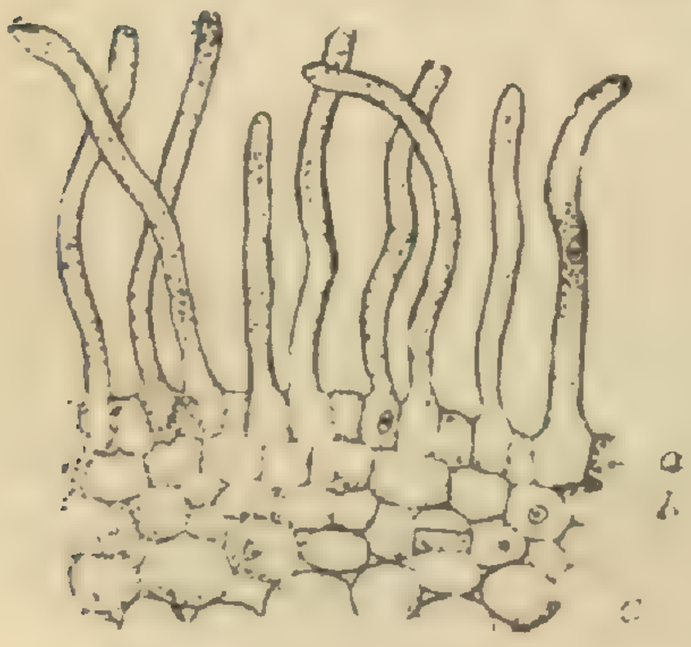


Fig. 108—Corte de una raicilla al nivel de la zona de absorción—*a*, capa pilífera—*b*, futura capa suberosa—*c*, parénquima cortical externo.

En los vegetales inferiores los pelos ó rizoides, ó simples células destinadas á ese fin y en las plantas superiores los *pelos radiculares*, que como se recordará no son más que la prolongación más ó menos exagerada de las células superficiales de la raíz.

Los pelos radiculares que se desarrollan en una zona intermedia de la raíz pueden alcanzar á tener una longitud de varios milímetros, y por la tenuidad de su membrana y por la riqueza protaplasmática de su contenido se encuentran en perfectas condiciones para realizar su fin

Los pelos radiculares crecen adaptándose á las más pequeñas irregularidades del terreno; si con grandes precauciones arrancamos una

plántula que hayamos hecho germinar en una vasija con arena suelta, observaremos que los granitos de arena se adhieren á las pequeñas raicillas y que aunque sacudamos toda la plantita desplegando alguna fuerza, siempre quedarán bastantes granitos adheridos á los pelos radiculares y bien distinguibles por el microscopio. Esos granitos vienen pues á estar en íntimo contacto con el órgano de absorción y á sufrir inmediatamente la acción digestiva que los cuerpos ácidos de la raíz puedan sobre ellos ejercer (fig. 109).

El papel de tornasol azul enrojece cuando es puesto en contacto con los pelos radiculares.

La absorción del agua y de las sales del suelo se hace, pues, por los pelos radiculares y en virtud de causas puramente físicas: de difusión y ósmosis. En el suelo hay gran cantidad de agua y sales, sustancias *cristaloideas*, en oposición al contenido radicular que es protoplasma, sustancia *coloide* ó poco difusible; entre ambas una membrana permeable: la del pelo radicular; estás pues, realizadas todas las condiciones necesarias para la repetición de un simple experimento de física, para demostrar la diálisis.

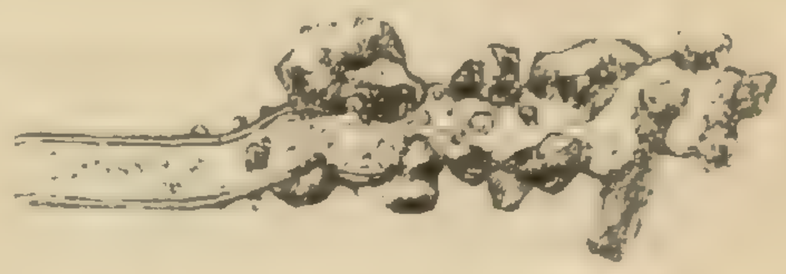


Fig. 109.—Un pelo radicular muy aumentado que demuestra cómo se efectúa su amoldamiento á los gránulos del suelo. (*Strasburger*).

Se recordará en efecto, que ciertas sustancias denominadas *cristaloides* y que, en general, son cristalizables, gozan de la propiedad de pasar fácilmente á través de las membranas porosas, escapando así á las soluciones concentradas, y en oposición á las sustancias *coloides*, que comunmente son no cristalizables y que experimentan gran dificultad en difundirse de las soluciones en que están contenidas. Ahora bien, los albuminoides, las gomas, los mucílagos, ete., son sustancias coloides, débilmente difusibles y las sales (fosfatos, nitratos, etc.), son fuertemente cristaloides.

En los pelos radiculares se encuentra mayor ó menor cantidad de protoplasma, que está compuesto en su mayor parte por sustancias débilmente difusibles y por el contrario en el suelo se encuentran soluciones diluidas de cuerpos muy difusibles, de modo que se establece una corriente de fuera hacia adentro: una *endósmosis*, en una palabra.

Este fenómeno de la absorción no es puramente físico, porque si tal fuera penetraría dentro del pelo radicular una cierta cantidad de agua con escasa cantidad de sustancias salinas en solución y eso sucedería hasta que se agotara la *fuerza osmótica* del protoplasma y llegase á un alto grado de tensión interior. Pero el protoplasma es la sustancia viva por excelencia y como tal es capaz de regular, por lo menos en parte,

la entrada de nuevas cantidades de líquido, por medio de la asimilación y descomposición de las sustancias absorbidas, permaneciendo así siempre con el mismo índice de absorción.

Por otra parte, el pelo radicular no es más que un órgano de paso; absorbe agua y sales, pero es sólo para trasmitirlas á las células más próximas, las que se encuentran á su vez en condiciones parecidas á las que primitivamente se encontraba el pelo con relación á los jugos del suelo; en el pelo radicular un máximum de presión interna y una gran cantidad de sales en solución concentrada y en la célula más próxima á él menor presión y mayor poder endosmótico. Así se establece una corriente de absorción del pelo radicular al elemento celular más próximo; y sucesivamente y de célula á célula las sustancias absorbidas por la zona pilífera de la raíz llegan hasta el cilindro central, en donde son recibidas por las tráqueas ó vasos leñosos.

La demostración de la zona de la raiz encargada de la absorción es relativamente nueva. Algunos botánicos creían que esa función se efectuara por la cofia ó piloriza; pero bastaría recordar que esa zona está formada superficialmente por elementos muertos, suberificados, para que se supusiera la inexactitud de esa idea. Sabido es también que no es absolutamente necesario que la zona absorbente de la raiz esté provista de pelos para que esa función se realice: la formación de pelos solo se hace en las plantas que necesitan grandes cantidades de agua ó en las que viven en parajes muy secos; la formación de pelos tiene por objeto multiplicar la superficie de absorción é ir en busca del agua que se esconde y se adhiere á las más mínimas partículas del suelo. Si la planta necesita poca agua ó si el suelo está ampliamente provisto de ese pricipio, la zona de absorción es más ó menos lisa ó sus células apenas se estiran en pequeñas papilas.

Conocidísimos son los experimentos que demuestran por cual parte de la raíz se efectúa la absorción. Dispondremos cuatro probetas llenas de agua, con una pequeña capa de aceite en la superficie para evitar la evaporación. Numeraremos á nuestras probetas llamándolas 1, 2, 3 y 4. En la probeta Nº 1 colocaremos una planta joven, de cuya raíz sólo quede debajo de la capa de aceite la cofia; en la Nº 2 introduciremos una plantita igual, cuya raiz esté en contacto con el agua hasta cubrir la zona intermediaria entre la cofia y los primeros pelos; en la Nº 3 introduciremos toda la zona de los pelos radiculares y en la Nº 4 la raíz entera. Al cabo de un tiempo, variable según múltiples condiciones, observaremos que el nivel del agua de la probeta Nº 1 no ha variado en lo más mínimo; que en la Nº 2 ha descendido ligeramente y que la absorción se ha hecho con mayor actividad y en iguales proporciones en las probetas 3 y 4. Este experimento nos demuestra: 1º que la raíz no absorbe por su cofia; 2º que la zona intermediaria entre la cofia y los pelos radiculares absorbe escasamente, por su exigua superficie y 3º que la zona que más absorbe es la de los pelos radiculares, puesto que en la probeta 4, en la que se ha introducido toda la raíz

(la zona suberosa inclusive), el nivel del agua es sensiblemente el mismo que en la 3.

Los experimentos pueden hacerse aún más concluyentes eligiendo raíces suficientemente largas como para poder doblarlas en forma de U, y colocar en una probeta la raíz así dispuesta; pero procurando que la convexidad de la U queda hacia afuera; ó, en otros términos que la raíz esté en contacto con el agua por su cofia y por su zona suberosa. En tales condiciones no habrá absorción; pero si colocamos nuestra raíz de tal manera que la convexidad de la U quede debajo del agua, es decir que el líquido esté en contacto con la zona de los pelos radiculares, entonces veremos descender el nivel del agua en la probeta.

La velocidad de la absorción y la continuidad de la función varían según las diversas condiciones de edad, temperatura y época de la vegetación, y está siempre relaeionada con la mayor ó menor necesidad de alimentos y con la mayor ó menor pérdida de agua por transpiración. Sin embargo, si la transpiración cesa, la raíz sigue absorbiendo hasta llegar á un máximo de tensión de todas las células de la planta. Ya insistiremos nuevamente sobre este punto al ocuparnos de la transpiración.

En resúmen: en las plantas inferiores por cualquiera parte de su cuerpo, en las intermedias por los pelos que desempeñan las funciones de la raíz y en las superiores por la raíz y mejor aún por la zona pilífera, se efectúa la absorción de las sustancias del suelo útiles para la planta y que consisten siempre en soluciones muy diluidas.

60. Circulación—Cuando los alimentos del suelo han sido absorbidos comienza su circulación, deben ser repartidos en el cuerpo de la planta y según las necsidades de cada parte ú órgano.

Hemos visto ya que los jugos absorbidos por los pelos radiculares pasan de célula en célula hasta llegar á los vasos leñosos del cilindro central; aquí es donde propiamente comienza la verdadera circulación.

Esta función consta en los vegetales de dos partes: la circulación de la *savia bruta* ó circulación ascendente y la de la *savia elaborada* ó circulación descendente. La primera es la que se efectúa desde la raíz y la que se encarga del transporte de un líquido formado por una gran cantidad de agua con pocas sustancias salinas en ella disueltas y la segunda que se efectúa para el transporte de los jugos de composición química más compleja, porque son el resultado de las combinaciones y transformaciones que han tenido lugar en las hojas; esta circulación es llamada también *descendente*; pero ya veremos como no siempre justifica ese nombre.

Savia ascendente—Ahora bien, ¿por dónde se efectúa la circulación de la savia bruta ó ascendente?—Por los vasos leñosos ó tráqueas en primer lugar y muy escasamente por los parénquimas leñosos que se encuentran próximos á ellos.

La demostración del ascenso de la savia por los vasos leñosos puede hacerse directamente, puesto que en algunas plantas es posible ver en un corte transversal del tallo, el calibre de los vasos y observar las gotas de líquido que, por esos vasos, así abiertos, fluyen. El experimento puede hacerse también, y es quizás más demostrativo haciendo que una plantita, ó un trozo de tallo simplemente, absorba un líquido coloreado, (una solución de *fuchsina*, por ejemplo), líquido que sólo subirá por los vasos leñosos que ocupan las partes más centrales del tallo y á los que comunicarán su color especial, quedando completamente descoloridos todos los demás tejidos.

Los parénquimas adyacentes á los vasos leñosos pueden, sin embargo, en algunos casos desempeñar, aunque accesoriamente, un papel de órganos conductores. Se demuestra esto efectuando en el tallo de una planta en pleno desarrollo, profundos cortes transversales que tomen cada mitad del tallo y alturas diferentes. Cada corte interrumpirá pues la continuidad de la mitad de los vasos del tallo. La planta sin embargo no perecerá, porque al nivel del corte los vasos heridos se ocluyen y la corriente de la savia se desvía por intermedio de los parénquimas hasta volver á encontrar la extremidad superior de los tubos cortados.

La savia ascendente sube por la cavidad de los vasos y no por imbición de paredes; y en efecto, sabido es que los troncos de los árboles viejos se puede generalmente reconocer anatómica *y* fisiológicamente dos regiones llamadas *albura* y *duramen* y que están respectivamente constituidas por tejidos jóvenes y viejos; por vasos permeables é impermeables por estar estos cerrados por los *tilos* ó por resinas gomas, etc. que ocluyen su cavidad é impiden la circulación de la savia.

De modo que la savia bruta sube por las tráqueas ó vasos leñosos. Conforme va ascendiendo por el tallo y aproximándose á las hojas va complicando cada vez más su composición química porque á su paso va encontrando sustancias orgánicas que los tejidos ambientes le ceden con relativa facilidad, siempre por diferencia de poder difusivo ó de fuerza osmótica, entre los líquidos densos cargados de sustancias sólidas que ocupan el interior de las células y la savia bruta que por las tráqueas circula. De modo que cuanto más alta analicemos la savia, tanto más compleja será su composición química. Llega por fin á las últimas ramificaciones de las nervaduras y allí se reparte en las células del parénquima; en donde tienen lugar los grandes cambios, las grandes síntesis, las más importantes funciones nutritivas. Una vez efectuadas esas funciones, de las que la fundamental es la de la asimilación del C y del Az. y por consiguiente, de la

formación de hidratos de carbonó y albuminoides, que complican la composición química del líquido, la savia bruta queda de hecho transformada en savia *elaborada* que se irá á repartir por los diversos tejidos de la planta.

Savia elaborada.—En tanto que la savia bruta era, como hemos visto, un líquido poco denso, la savia elaborada cargada de sustancias órgánicas es por el contrario un líquido muy denso.

La circulación que hemos también llamado descendente, no siempre lo es; la savia elaborada está destinada á alimentar á la planta, á proveer á todas sus necesidades; pero no solo para reparar pérdidas ó para almacenar alimentos, sinó para proveer también el crecimiento de nuevos miembros: de ahí que no siempre la savia elaborada siga una dirección descendente, sino que á veces corre paralelamente y en la misma dirección de la savia bruta; cuando se trata, por ejemplo, de llevar nuevas sustancias nutritivas á una rama joven en vías de desarrollo.

La savia elaborada circula por los vasos cribosos ó elementos típicos del líber. La prueba es sencilla: como se recordará los vasos cribosos ocupan en el tallo de las Dicotiledóneas y Coníferas, lugares muy periféricos, forman parte de lo que vulgarmente se denomina cortexa; pues bien, en esas condiciones nos es fácil interrumpir el curso de la savia con efectuar una fuerte ligadura alrededor del tallo, la que dará por resultado que cerrado el calibre de los vasos, todo el líquido se acumule por encima del obstáculo y dé lugar á la formación de una especie de rodete y á una verdadera hipertrofia de los tejidos, al cabo de un tiempo que nunca es menor de un año.

El mismo ó parecido resultado se obtiene cuando se quita alrededor del tallo todo un anillo de corteza hasta llegar al tejido leñoso. En tal caso veremos fluir el líquido de la parte superior de la incisión.

Indirectamente, se demuestra que la circulación de la savia de retorno se hace por los vasos cribosos, porque interrumpiendo el curso del líquido por alguno de los procedimientos indicados, la rama en que se acumula la savia, hipertrofia ó exagera la formación de sus tejidos y el desarrollo de sus hojas, frutos, etc.; resultado del exceso de nutrición en todos esos órganos.

En resumen: la savia bruta ó ascendente no es al principio más que agua con escasa proporción de sales en ella disueltas; su circulación se hace por las partes más interiores del tallo: por los vasos leñosos, y conforme va ascendiendo, va también complicándose por la incorporación á su masa de sustancias orgánicas que se encuentran acumuladas en los parénquimas inmediatos. La savia, ya muy modificada, llega á las ojas y por las funciones propias de estos órganos se hace aun más compleja y

espesa, convirtiéndose en savia elaborada ó apta para la nutrición. De las hojas se esparce al resto de la planta ó vuelve á la raiz (circulación descendente) por los vasos liberianos ó cribosos.

Ahora vamos á ver cuales son las fuerzas capaces de provocar ese movimiento de líquidos dentro de los vasos.

MECANISMO DE LA CIRCULACIÓN.—Respecto á la circulación ascendente tres distintas fuerzas son las que actúan: la *presión osmótica* de los tejidos de la raiz, la *capilaridad* y la *presión negativa* por transpiración y consumo de materiales, al nivel de la hoja.

En efecto, hemos visto ya que los pelos radiculares absorben continuamente los líquidos del suelo y que esos líquidos van transmitiéndose de célula á celula hasta llegar á los vasos leñosos; hay, en una palabra, un *empuje* continuado de nuevo líquido que obliga á avanzar al que se encuentra delante. Esa fuerza ó presión osmótica, que hemos explicado por las diferencias de densidad y de composición de los contenidos celulares, es relativamente, poco acentuada en los vegetales herbáceos, pero es de grau importancia en los leñosos, en los que puede llegar á determinar presiones de más de una atmósfera.

La presión osmótica se puede demostrar, y aun medir, con un sencillo aparato, para lo cual se elije una planta leñosa en la época de mayor actividad nutritiva y se corta tranversalmente su tallo á poca distancia del suelo. Con ese simple corte ya podríamos notar el ascenso de la savia por las partes más centrales del órgano; pero si queremos medir la cantidad de líquido y la fuerza con que sube, adaptaremos al tronco un tubo de vidrio que ajuste hermeticamente por su parte inferior alrededor del tallo. De una de las caras del tubo parte otro más pequeño, que se dilata enseguida, se encorva en forma de U y se prolonga por su rama libre (fig. 110). En el tubo en U se echa mercurio hasta un nivel determinado y en el tubo recto agua. Así dispuesto todo y continuando la absorción de la raiz, la presión osmótica se ejerce sobre el líquido encerrado en el tubo mayor y el agua que lo llena actúa á su vez sobre el mercurio obligándolo á subir en la rama libre un espacio más ó menos grande, según la planta de que se trate. Si el tubo libre ha sido graduado previamente, tendremos un verdadero manómetro que nos indicará con precisión la presión osmótica de la planta.

Con este experimento se demuestra la influencia de la presión osmótica, porque las otras dos causas del ascenso de la savia quedan anuladas ó poco menos: no hay transpiración y consumo de materias, porque no hay hojas; no hay capilaridad ó es despreciable porque hemos practicado el corte del tallo á poca distancia del suelo.

La capilaridad de los tubos ó vasos leñosos es otra gran causa de cir-

culación continua. Dentro de esos tubos la columna de líquido no es única sino que está dividida en pequeñas columnas separadas por otras tantas burbujas de aire que las aplican íntimamente contra la pared del vaso. De modo que dentro del vaso hay un verdadero rosario de pequeñas columnas líquidas parciales que están sostenidas contra las paredes por la presión del aire. Ahora bien, cuando el vaso en observación se encuentra ya en las hojas, estos órganos por su transpiración dan lugar á una pérdida de líquido que determina una aspiración en la burbuja más próxima y por consiguiente el ascenso de la inmediatamente posterior, á la que continúa la siguiente, y así sucesivamente. No olvidemos que esa fuerza de aspiración que efectúa la hoja la debe, no sólo á la transpiración, sino al aprovechamiento de las sustancias sólidas que lleva la savia en solución y que el órgano necesita para sus síntesis orgánicas.

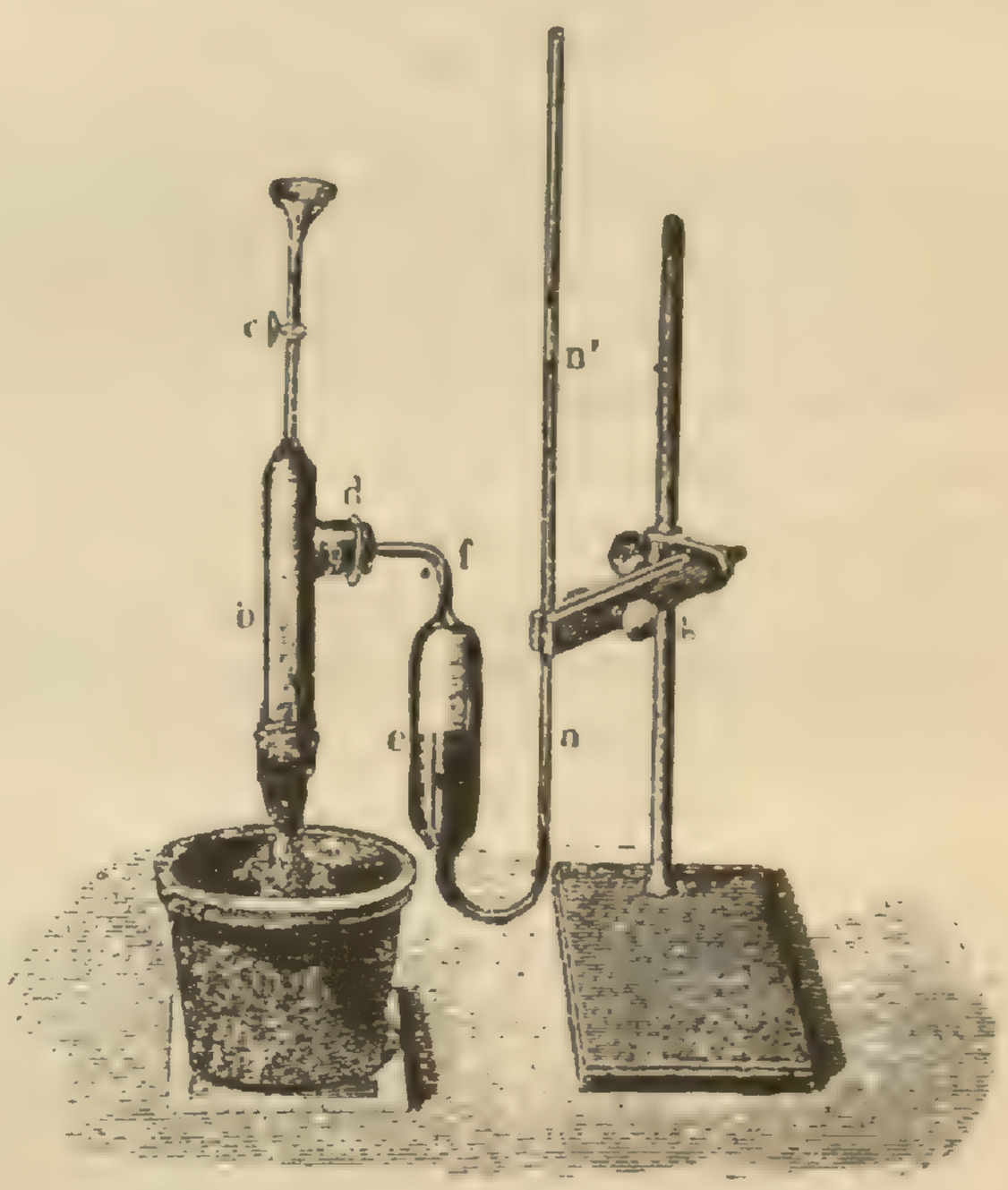


Fig. 110—Esperimento de Hales para demostrar y medir la fuerza de ascensión de la savia bruta—*b*, tubo de vidrio que se adapta al tallo de una planta por su parte inferior y se prolonga en la superior con un tubo con embudo y robinete *(c) d, f, e, n, n'* tubo en U adaptado lateralmente al anterior — *e, n,* nivel primitivo del mercurio, que se elevará en el tubo *n, n'* por la fuerza ascensional de la savia. El tubo *b* contiene agua—*g*, soporte. (*aissoneuve*).

En cuanto á la circulación de la savia descendente ó elaborada, ella se debe únicamente á la atracción osmótica y al consumo de materiales. No hay que olvidar que los vasos cribosos son elementos vivos, protoplasmáticos y que se encuentran, por consiguiente, en análoga situación á la que tienen los pelos radiculares y las distintas células de la raíz. El contenido protoplasmático del vaso criboso más próximo al foco de elaboración de savia ejerce una verdadera aspiración osmótica sobre el líquido y se coloca en situación desigual con relación al segmento inmediato; el que á su vez tiende á equilibrar su contenido con el del anterior segmento, efectuando á través del tabique criboso una verdadera aspiración. Es, pues, una fuerza positiva; pero el vaso criboso va á terminar en puntos donde se hace gran consumo de los mate-

riales que él conduce: lugares de reserva, ó bien, órganos en vías de crecimiento; y así se constituyen verdaderos *focos de atracción* que determinan una presión negativa: una especie de aspiración análoga á la que determinan la transpiración y la asimilación de las hojas.

61. Asimilación de los alimentos.—En botánica el término asimilación no tiene el sentido preciso que en zoología y hasta hace poco tiempo se entendía por asimilación la incorporación ó identificación del C. á la planta, fenómenos que tienen lugar por intermedio de la clorófila, influenciada por la luz solar. Actualmente hay tendencia á dar á esa palabra todo el valor que tiene en zoología, entendiéndose por asimilación todas las modificaciones ó transformaciones á que son sometidas las sustancias alimenticias hasta que se incorporan ó identifican con la materia viva por excelencia: el protoplasma. De todas maneras, dada la composición química de la planta, en la que predomina el C., hasta formar el 50 % de la materia seca, se comprende que la asimilación de ese elemento es siempre la que predomina y que bajo ese punto de vista la asimilación de ese cuerpo á expensas del CO^2 del aire es una de las funciones fundamentales y de las más características del vegetal verde, que absorbe lo que el animal rechaza y establece así un equilibrio constante entre las funciones gaseosas de ambos reinos orgánicos.

En resumen, vamos á estudiar las modificaciones que experimentan los diversos alimentos absorbidos por la raíz hasta su incorporación definitiva al protoplasma, advirtiendo desde luego, que aunque ya poseemos un buen núcleo de hechos conocidos y perfectamente establecidos respecto á este importantísimo punto de la química de la planta, los fenómenos más íntimos de la asimilación, las síntesis de los hidratos de carbono y de los albuminoides, que es el resultado final de ella, nos son desconocidos en su esencia y estamos reducidos á hipótesis más ó menos ingeniosas para explicarlas.

Desde el momento que la asimilación del C. es la más importante, no sólo por ser este el alimento más necesario, sino por ser aquella función la mejor estudiada, se comprende que este pârrafo esté unicamente destinado á su estudio.

Hay que distinguir en la asimilación vegetal la asimilación protoplasmática, de la asimilación clorofílica. El protoplasma es capaz de asimilar directamente algunos pocos alimentos, pero en la generalidad de los casos y tratándose de plantas verdes, la asimilación del protoplasma va inmediata y necesariamente precedida de la asimilacinn clorofílica.

ASIMILACIÓN. CLOROFÍLICA—Por asimilación clorofílica se entiende la absorción que la planta hace del CO^2 del aire, su descomposión por intermedio de la clorófila, la fijación del C. y la eliminación del O.·. como se vé es una función bastante compleja.

¿Dónde y quiénes efectúan, esa función? En los órganos verdes y las plantas verdes, únicamente.

Sin tomar al pié de la letra lo que esta proposición afirma, porque al decir planta verde ú órgano verde, solo queremos indicar que posea clorófila ó pigmento analogo; ya que, hay muchos órganos y muchas plantas que aunque tengan clorófila entre sus contenidos intracelulares, su color característico se encuentra disimulado por el de algun otro pigmento que impone su propia coloración, ó por su abundancia ó por su intensidad.

La presencia de la clorófila determina cierta autonomía nutritiva de gran importancia y cuyo detalle analizaremos más adelante.

La clorófila no se encuentra en todos los órganos; como se recordará solo puede hallarse este pigmento en los miembros ó parte de miembros que esten en contacto con la luz. Sin luz no hay clorófila. Por consiguiente, el principal órgano de la asimilación será la hoja, que es la que en mejores condiciones se encuentra para el desempeño de esa función, sin que eso quiera decir que no sean también susceptibles de desempeñarla todos los órganos que contengan ese pigmento.

Esto por lo que se refiere á los órganos encargados de la función y teniendo presente lo que ya hemos dicho respecto á los organúsculos llamados cloroleucitos y al pigmento que los impregna, (párrafo 10).

Por lo que se refiere al gas asimilable, el anhidrido carbónico, se encuentra en la atmósfera en cantidad que varía de 3 á 4 por 10,000, una proporción que aunque aparentemente es mínima, es suficiente, sin embargo, para que la planta obtenga la cantidad suficiente de C.

Clorófila en los cloroleucitos por un lado, CO^2 por otro son las dos primeras y esenciales condiciones para que la asimilación se realice, siempre que haya luz suficiente para provocarla y no mencionando, por el momento, ciertas condiciones de temperatura, presión, etc., que tienen también importancia.

DEMOSTRACIÓN DE LA ASIMILACIÓN CLOROFÍLICA.— Reduciendo á sus más sencillos extremos el experimento; puede demostrarse la funión clorofilica, ó mejor aún, que la primera fase de esa función consiste en la absorción del CO^2 colocando debajo de una campana de vidrio una planta ó rama verde y en medio de una atmósfera algo más cargada de CO^2 que la atmósfera normal y cuyas proporciones conocemos; al cabo de cierto tiempo, que es variable según condiciones que dependen de la planta misma, de la temperatura, de la intensidad luminosa, etc., damos por terminado el

experimento analizando nuevamente la atmósfera que rodeaba á la planta, en la que constataremos una disminución bien sensible de CO^2. El experimento para que fuera completo debía suministrarnos detalles referentes á la no disminución de volumen, pero lo que no es fácil demostrar con una atmósfera gaseosa y con una planta aérea, podemos realizarlo con una planta acuática, experimento que nos denunciará que el anhidrido carbónico consumido ha sido reemplazado por igual volumen de O.

El experimento se realiza colocando en una vasija con agua cargada de anhidrido carbónico una planta verde acuática, puede usarse la *Elodea Canadensis* ó bien algas verdes. Sobre la planta verde se coloca un embudo de vidrio, la boca de cuyo cuello venga á abrirse dentro de una probeta invertida y también llena de agua Preparado el aparato se le coloca de modo que la planta en el encerrada reciba abundante provisión de luz. Al cabo de un cierto tiempo, y si suponemos que se ha elejido una rama recientemente cortada de una planta acuática, observaremos que de la superficie del corte escapa abundante cantidad de burbujitas de un gas que pasando á través del embudo, llega á la probeta y provoca el desalojo de volúmenes equivalentes de agua.

Fig. 111—Experimento para demostrar el desprendimiento de O en la asimilación clorofílica - C probeta que contiene agua cargada de C O^2 y una rama de *Elodea Canadensis*, recien cortada y con la superficie del corte hacia arriba é introducida dentro de un tubo de ensayo (R) también lleno de agua y sostenido por el soporte H - B las burbujitas de O, que se desprenden del corte del tallo y se acumulan en S. previo desalojo de igual cantidad de agua *(Strasburger)*.

Cuando el experimento haya terminado se retira con las precauciones de práctica la probeta con el gas que contiene y por los medios conocidos y vulgares, que se deben á las propiedades comburentes del O., nos aseguraremos de que el gas desprendido es el propio oxigeno. (Una viruta de madera con un punto en ignición puesta en contacto con el gas recojido, arde inmediatamente; un fino alambre de hierro llevado al rojo y puesto en contacto con el mismo gas, también arde con brillante llama, etc.)

Pero hay aún experimentos más científicos y concluyentes para de-

mostrar la eliminación del oxigeno y que nos demostrarán también que los que efectúan la descomposición del CO^2 son los cloroleucitos y que la clorófila es desigualmente afectada por los diversos rayos del espectro.

Se recordará que al hablar de los cloroleucitos y de la clorófila, dijimos que este pigmento tenía un espectro muy característico: (párrafo 10) siete bandas de absorción, de las que las más importantes son las que se encuentran en el rojo y en el violeta del espectro y principalmente la primera, colocada entre las rayas B y C de Frauenhöfer, la que es tan característica que aún es acusada por soluciones diluidísimas de clorófila.

Pues bien, esas bandas de absorción nos indican que la clorófila absorbe los rayos del espectro que pasan á ese nivel y nos permiten suponer que son los rayos más activos ó que mejor actúan sobre el pigmento, provocándolo á la descomposición del CO^2. Es lo mismo que la experimentación demuestra.

Dos son los experimentos que más generalmente se repiten para la demostración de la influencia distinta que ejercen los diversos rayos del espectro: el de las *pantallas coloreadas* y el de los *microespectros*.

El primer experimento se realiza colocando debajo de una campana de doble pared una planta verde en una atmósfera carbonada de composición conocida.

Dentro del hueco que queda entre la doble pared se coloca ó bien una solución de clorófila, ó bien otras soluciones coloreadas que impidan el paso de ciertos rayos y dejen libre paso á otros.

Si la solución elejida es la de clorófila los rayos que lleguen á la planta habrán dejado, á su paso á través de la solución, los que la clorófila absorbe, es decir, los que pasan al nivel de las siete bandas de absorción, y, por consecuencia, la planta no asimilará; lo que se demuestra volviendo á analizar el aire de la campana *y* constatando la misma proporción de CO^2 que había, cuando se comenzó el experimento.

Se puede variar la demostración colocando dentro de las paredes de la campana, ó una solución de bicromato de potasio; que no deja pasar más que los rayos comprendidos entre el rojo y el amarillo inclusive, ó bien, una solución de sulfato de cobre en amoniaco que deja pasar á los rayos más refrangibles, entre el azul y el violeta inclusive, y absorbe á los rayos más activos. En el primer caso, que los rayos que pasan son los rojos, la planta asimilará una proporción de C. muchísimo mayor que la que asimila cuando es influenciada por los rayos que han pasado á través de la solución amoniacal.

Estos experimentos nos demuestran la diversa actividad de los rayos del espectro y se puede completar con dispositivos más complicados, como son los microespectros en los que actúan los diversos rayos sobre otros tantos recipientes que contienen algas verdes y por los que se demues-

tra, que los recipientes que quedan colocados enfrente á los rayos rojos son los que mayor cantidad de O. desprenden, que el desprendimiento es menos al nivel de los rayos violetas y nulo al nivel de los verdes.

Estos experimentos se pueden variar de un modo muy original y demostrativo valiéndose de ciertos bacterios aerobios que son muy golosos de oxígeno. Se elige comunmente, como mejor y más abundante representante de ese grupo, al *Bacterium termo*, que pulula en las aguas estancadas. En un porta objeto se lleva al microscopio un filamento de un alga verde, una *Spyrogira*, por ejemplo, en medio de una gota de agua bien cargada de Bacterium termo. Si la platina del microscopio ha sído bien iluminada, la pequeña alga asimila CO^2 y como consecuencia desprende O., lo que se demuestra porque los bacterios del experimento, que son movibles, se agrupan en gran cantidad alrededor del filamento, cuando, si se les observa en la misma gota de agua, sin la Spyrogira, se les verá dirigirse á los bordes del cubre objeto, en busca siempre de O. libre; cuando se amontonan alrededor del alga es porque allí encuentran mayor cantidad del gas que tanto necesitan. Pero no es esto solo: si el filamento verde es iluminado desigualmente por medio de los diversos rayos de un microespectro, se observará que los bacterios se acumulan alrededor de la parte iluminada por los rayos rojos, en donde forman una gran masa, y en segundo lugar, y en menor cantidad, alrededor de la parte iluminada por los rayos violetas.

Todos estos experimentos nos demuestran: 1° que las plantas verdes absorben CO^2; 2° que el CO^2 es descompuesto y que hay eliminación de O; 3° que el agente de esa descomposición es la clorófila influenciada por la luz solar y 4°, que los rayos rojos, en primer lugar, y los rayos violetas en segundo son los más activos en la provocación de esa función.

Condiciones secundarias de la asimilación clorofílica.—Hay aun ciertas condiciones secundarias que influyen de un modo más ó menos poderoso sobre esta función: nos referimos principalmente á la *temperatura* y á la *presión* á que se encuentra el CO^2.

Respecto á la temperatura, cada planta tiene un *optimum*, alrededor del cual, y siempre que el resto de las condiciones sea favorable, la planta asimila con mayor intensidad. Si la temperatura se hace constantemente más elevada, la planta continuará asimilando, pero en proporciones cada vez menores, hasta llegar á un *maximum*, más arriba del cual la función cesa. De la misma manera que hay un maximum, hay también un *minimum*, por debajo del cual la planta no asimila.

Estas condiciones de temperetura son difíciles de determinar y apenas si sabemos que el *maximum*, para la mayor parte de las especies, se encuentra alrededor de 30° y el *minimum* alrededor de 0°; aunque hay plantas que continúan la función clorofílica á—10°, 20° y hasta—30° (algunos *Líquenes Coníferas*).

Las proporciones de CO^2 que actualmente hay en la atmósfera no constituye el *optimum* para la asimilación; basta saber que siendo esas proporciones de 3 á 4 por 10.000, la planta puede continuar asimilando aunque esas proporciones de CO^2 se eleven hasta 10 °/₀. Estas enormes cantidades de CO^2, favorecerían la asimilación y provocarían el mayor crecimiento de la planta, por la mayor cantidad del principal alimento, el C. y explicaría el gran desarrollo de ciertos vegetales en períodos geológicos ya pasados por la atmófera oxicarbonada que rodeaba á la tierra antes de la aparición de la vida animal. (*Helechos* arborescentes, gigantescas *Equisetáceas*, etc.).

Los anestésicos volátiles usados en medecina: éter y cloroformo. actúan sobre la asimilación de un modo muy notable, disminuyendo la función. y paralizándola por completo cuando llegan á ciertas proporciones. Esta propiedad de los anestésicos sobre la función clorofílica es de gran interés, porque permite efectuar experimentos muy interesantes respeto á las dos principales funciones gaseosas de la planta, puesto que no tienen absolutamente ninguna influencia sobre la respiración.

Resultados de la asimilación.—Ahora bien ¿cual es el resultado inmediato de la asimilación clorofílica? La formación de cuerpos orgánicos, una verdadera síntesis, y el principal cuerpo que se forma es el *almidón*. Hemos visto ya que en los mismos cloroleucitos se puede observar la formación capa á capa de los gránulos amiláceos y la observación detenida y la experimentación nos demuestra que es el almidon el cuerpo que, primero se forma y que no puede formase sino en una atmósfera de CO^2.

Si se observan pequeñas algas verdes al microscopio se verá que alrededor de cada corpúsculo verde se originan gránulos amiláceos, facilmente reconocibles por la reacción característica con las soluciones de iodo. Si colocamos á nuestra alga al abrigo de la luz, la asimilación clorofílica cesa y la planta consume poco á poco los corpúsculos de almidon que había preparado y con los que continúa elabarando sustancias más complejas.

Si cuando el consumo de almidon ha llegado al maximum volvemos á colocar el pequeño organismo en contacto con la luz (y siempre que el agua contenga bastante CO^2,) veremos nuevamente aparecer corpúsculos emilíferos.

De la misma manera, si á una planta en plena asimilación la colocamos en una atmósfera privada de CO^2—el que se puede retirar por medio de la potasa–observaremos, en primer lugar, la disminución, y, finalmente, la desaparición del almidón, y si la planta continúa sometida á las mismas condiciones ese cuerpo no se forma.

E en una forma muy sencilla, pero muy demostrativa, se puede prac-

ticar la experimentación referente á la producción del almidon por las plantas verdes.

En una hoja verde, en buenas condiciones de vida, se coloca una laminilla de estaño, en la que se haya recortado una figura ó unas letras, de modo que al nivel de los cortes la hoja esté en contacto con la luz, y privada de ella en el resto de su superficie. Al cabo de cierto tiempo, variable según múltiples condiciones, si sometemos la hoja á la acción de una solución de iodo, veremos que el reactivo solo actúa sobre la parte de la hoja que quedó iluminada, acusando á ese nivel la formación del almidon por la coloración azul oscura con que se presenta la figura ó las letras que habíamos recortado en la lámina de estaño y que se destacan en la coloración simplemente verde del resto de la hoja.

Teoría de la síntesis del almidón.—De modo, pues, que el primer resultado de la asimilación clorofilica es la formación del almidón; pero ¿Cómo se ha formado ese cuerpo? ¿Cuál ha sido el papel que la clorófila ha desempeñado en esa síntesis? Son estos, puntos aún muy oscuros y en cuya interpretación estamos reducidos á hipótesis, y entre ellas las que suponen que el almidón proviene de la aldehida fórmica y la que lo hace originar á expensas de las sustancias albuminoideas. Los análisis gaseosos más municiosos demuestran que durante la asimilación clorofílica se desprende mayor cantidad de O que la que está contenida en la molécula de CO^2; de modo que la suposición de que la sínteses del almidón se debe unicamente á una combinación directa del carbono con el agua y prévia descomposición del CO^2, no es admisible. Asi es que hay que buscar otra interpretación al hecho de la mayor eliminación de O, que la que debiera suministrar la planta verde, si solo se tratara de una simple descomposición del CO^2.

Basándose algunos autores en consideraciones simplemente teóricas; pero que han sido en partes confirmadas por investigaciones posteriores; han supuesto que el anhidrido carbónico (CO^2) se combinaría con el agua (H^2O) para formar un ácido carbónico hidratado (CO^3H^2) el cual á su vez se descompondría originando aldehida fórmica (COH^2) y dejando una molécula de oxígeno (O^2) en libertad. La aldehida fórmica (COH^2) se polimerisaría enseguida originando glucosa $(COH^2)^6 = (C^6H^{12}O^6)$ y la glucosa á su vez se deshidrataría y se convertiría en almidón (glucosa: $C^6H^{12}O^6$—agua H^2O=almidón $C^6H^{10}O^5$)

El argumento de mayor peso en pro de esta interpretación de la amilogénesís, es el de que hay cuerpos que como el oximetilsulfito de Na, (CH^2O) (SO^3HNa) la favorecen considerablemente, y más aun, que es capaz de engendrar almidón en ausencia de la luz ó del CO^2 y que esa propiedad la debería á la facilidad con que ese cuerpo desprende al-

dehida fórmica. Para aceptar la teoría es menester también suponer que la aldehida fórmica se polimerisaría enseguida, por tratarse de un cuerpo muy tóxico para los vegetales.

Estos experimentos no constituyen una base suficiente para la explicación del fenómeno, porque se ha observado también la formación de almidón usando otros cuerpos orgánicos, como ser el *glicol*, la *sacarosa*, la *manita*, la *glucosa*, etc.

Finalmente, algunos autores basándose en ciertos datos en cuya enumeración no podemos entrar, aceptan que ciertos hidratos de carbono, y sobre todo el almidón, puedan en condiciones especiales, ser directamente originados por la sustancia propia de los cloroleucitos: los que absorberían primeramente el carbono del CO^2, con ó sin descomposición prévia, *y* que en un momento dado segregarían una materia albuminoidea capaz de reducirse en hidrato de carbono.

Como se vé, todos estos hechos relativos á las síntesis de los hidratos de carbono, que son los que dominan en la química de la nutrición vegetal, son por el momento, muy oscuros, estando reducidos á meras hipótesis para tratar de explicarlos.

Asimilación del Az—La actividad clorofílica no se manifiesta únicamente en la absorción del C y síntesis subsiguiente del almidón, sino en la asimilación del Az.

Hemos visto que ese elemento es suministrado á las plantas bajo forma de nitratos ó de compuestos amoniacales; y esto de una manera general y con pocas excepciones de asimilación de Az libre (algunas algas y sobre todo las Bacteriáceas que viven en las raíces de las *Leguminosas*). Pues bien, bajo forma de compuestos amoniacales el Az, puede ser asimilado directamente por el protoplasma celular; pero bajo forma de nitratos la intervención de la clorófila es manifiesta; como lo demuestran, tanto los experimentos que con ese fin se practican, cuanto que la observación de que las hojas sometidas á la acción de la luz solar consumen rápidamente á los nitratos, que se acumulan por el contrario, en los tejidos que están en la oscuridad.

Ahora bien, supuesto que el Az es asimilado en gran parte por los cloroleucitos ¿cómo es, en seguida, aprovechado para la construcción de las materias azoadas? A este respecto estamos reducidos también á hipótesis, con mayor ó menor base. Parece ser que los nitratos son descompuestos por la acción de los ácidos orgánicos, sobre todo del ácido oxálico, el que se combinaría con las bases, sobre todo la cal, privando así á la célula de dos cuerpos inútiles ó nocivos, puesto que bajo forma de oxalato de Ca, se encierran en células especiales de donde ya no pueden salir. El ácido nítrico libre actuaría entonces sobre las otras

sustancias orgánicas, productos de las primeras síntesis, y así se constituirían los glucósidos, amidas, alcaloides, etc., que por nuevas combinaciones ó complicaciones llegarían á la formación de las sustancias albuminoideas.

Para otro autores esos cuerpos serían el resultado de la descomposición de los albuminoideos y no los componentes originales; lo que quiere decir que la primera síntesis, directa ó indirecta, sería la de los albuminoideos, y que todas las demás sustancias azoadas que hemos mencionado, serían el resultado de la desintegración de aquellos.

Lo que hemos dicho respecto á la acción del ácido oxálico sobre los nitratos, es en gran parte, aplicables á los sulfatos. Como se recordará esos cuerpos son necesarios en la síntesis de los albuminoideos para suministrar el S.

Nos limitamos á dar una simple idea respecto á la síntesis de los albuminoides, por ser un punto muy oscuro y que está recien en estudio.

Asimilación protoplásmica—Hemos dicho que todos los fenómenos de la asimilación clorofílica no son mas que precursores de la asimilación protoplásmica y, en efecto, las materias que resultan de ellas son aprovechadas por el protoplasma para su propia nutrición. La clorófila pues, desempeña un papel análogo al de los jugos digestivos de los animales superiores, en el sentido de que prepara los alimentos y los hace aptos para la nutrición. Pero el protoplasma incoloro es también susceptible de asimilar directamente, por lo menos en lo referente al O, el H y el Az (bajo forma de compuestos amoniacales); pero, en general, no puede hacer esa asimilación con el elemento más importante; el C, sin la intervención previa de la clorófila, ó en otros términos, el C debe de estar en forma orgánica para que pueda ser utilizado en la planta.

62. Importancia de la clorófila; formas de vida—De todo lo expuesto se deduce fácilmente la importancia considerable de ese pigmento en la planta y que su ausencia ó su presencia sea susceptible de determinar la forma de vida del vegetal.

La planta que tiene clorófila, pudiendo efeetuar la asimilación del C., no necesita más que la luz y $C O^2$ para obtener el elemento más abundante; en tanto que los vegetales desprovistos de ese pigmento deben de vivir bajo formas especiales para poder obtener el C. orgánico necesario para su propia subsistencia.

Bajo este punro de vista los vegetales pueden ser *saprófitos*, *parásitos ó simbiotas* y bajo cualquiera de esos estados lo único que los diferencia de los vegetales verdes (también llamados *autótrofos*) es que

buscan el alimento carbonado ya preparado, por no ser capaces de elaborarlo como lo hacen las plantas verdes.

Los vegetales saprófitos son los que se desarrollan en las sustancias orgánicas en descomposición, ó que son susceptibles de descomponerlas, bascando siempre la forma más propia de alimento. Bajo este último punto de vista los saprófitos tienen grandes puntos de contacto con los fermentos y levaduras, que más adelante estudiaremos.

Casi todos los vegetales saprófltos se encuentran entre los Hongos; á pesar de que puedan considerarse como tales muchas *Bacteriaceas* (clasificadas entre las Algas) y varias *Muscíneas*. Como se comprende, la diferenciación entre la planta saprófita y la autótrofa no es absoluta, hay suaves gradaciones, según el estado de simplificación de la materia orgánica que sirve para el alimento; lo que quiere decir que si algunos hongos de esta clase se desarrollan cómodamente sobre sustancias orgánicas complejas, esos mismos hongos podrian también desarrollarse en sustancias orgánicas más sencillas.

Del saprofitismo se pasa fácilmente al parasitismo: no hay más diferencia que en el estado de la materia orgánica. El vegetal saprófito vive sobre sustancias orgánicas muertas, vegetales ó animales y el parásito lo hace sobre el mismo *substractum*, pero cuando la materia orgánica está aún animada.

Los parásitos vegetales pertenecen también, en gran parte, á la numerosa clase de los Hongos; pero puede vérseles entre las Algas y aún entre vegetales más desarrollados. (*Angiospermas*).

Cualquiera que sea la clase á que pertenezca la planta parásita, el hecho fundamental que resalta en esta forma de vida, es que es nociva para el vegetal ó animal que la soporta (planta ó animal *huésped*); por su exagerado desarrollo sofocando al huésped, ó por la perturbación que ejerce, robando á la víctima sus propios jugos nutritivos, ó bien, por introducir en el huésped productos de excreción que son nocivos.

Muchas enfermedades humanas y la mayor parte de las que sufren los vegetales son debidas á parásitos vegetales.

Entre el parasitismo y la simbiosis hay una diferencia de grado: el parásito es nocivo al huesped, los simbiotas se completan, cambian entre sí servicios mutuos. Se dice pues, que hay simbiosisis cuando dos ó más vegetales, y excepcionalmente un vegetal y un animal viven juntos; hacen, si podríamos así expresarnos; *vidas paralelas*, y debido á que cada uno de ellos presta al compañero un servicio, que éste devuelve bajo otra forma.

El estudio de las simbíosis, constituye un punto interesantísimo, pero en cuyo desarrollo no podemos entrar. Baste que recordemos que la más importante simbíosis y la mejor estudiada es la que realizan

los *Líquenes*, vegetales formados por la asociación de un alga y un hongo y entre los cuales se cambian los siguientes servicios: el alga suministro al hongo gran parte de su alimentación dándole los productos de su asimilación clorofílica, y el hongo devuelve el servicio prestando abrigo al alga y suministrándole parte del CO^2 que aquella necesita para que su cloróflla elabore. (Véase Líquenes).

Otra simbíosis muy interesante es la que se observa entre vegetales criptogámicos muy inferiores y vegetales superiores: nos referimos sobre todo á los bacterios ó *Bacterioides* que viven en simbíosis con las raíces de las *Leguminosas* y de los que daremos algunos ligeros detalles, porque de paso nos llevan nuevamente á completar lo que se refiere á la asimilación del Az. libre.

Si se arranca una planta de una *Leguminosa*, y especialmente de una Papilionácea (fig. 112) se observará que en medio de las raicillas de la planta se ven ciertos abultamientos ó tumefacciones más ó menos esferoidales y que rara vez pasan de 5 milímetros de diámetro. Esas nudosidades, conocidas desde hace mucho tiempo, han sido explicadas en época muy reciente. Haciendo un corte transversal de una de esas nudosidades, se observará que en medio de las células parenquimáticas que representan al parénquima cortical, se encuentran ciertos microorganismos de formas sumamente irregulares, en *u* en *y*, etc. y que, á veces, son bastante grandes como para salvar el límite de una célula y pasar á través de la membrana al interior de la más próxima. Esos microorganismos, que han sido aislados y cultivados, son los llamados actualmente *bacterioides*, indicando con una palabra su parecido con los bacterios, aunque difieren de éstos por otros caracteres.

Fig. 11.—Tuberosidades de las raíces de una Leguminosa.

Los bacterioides de las Leguminosas han sido llamados también *Rhizobium leguminosarun Bacillus radicola.*

Esos pequeños organismos, que al principio se les creía parásitos, son verdaderos simbiotas, porque si bien aprovechan las sustancias elaboradas que las células parenquimáticas de la raiz les ofrecen, devuelven el servicio asimilando el Az. libre del aire del suelo y formando con el cuerpos más complejos, quizá amidas, que la raíz aprovecha para la elaboración de nuevos materiales.

La demestración de que los microorganismos no preexisten en la raíz. se hace, sembrando una semilla de leguminosa | alfalfa. trébol, arverja, altramuz. etc. en un suelo perfectamente esterilizado por el calor. En estas condiciones la semilla germina y origina una nueva planta; pero no solamente no se forman tuberosidades. sino que la planta crece con alguna lentitud, como si le faltara alguno de sus alimentos esenciales. Si en esas condiciones se cambia á la planta de suelo, colocándola en tierra no esterilizada, ó bien si se la inocula simplemente con los productos tomados en otra raiz de una planta que contenga tuberosidades, se observará inmediatamente que el vegetal crece más rápidamente y al arrancarlo se notará el desarrollo de nudosidades.

Estas simbiosis explica cumplidamente el motivo de por qué las *Leguminosas* han sido desde muy antiguo consideradas como plantas que mejoran ó enriquecen el suelo y porque también, la experiencia aconseja que á un cultivo de una leguminosa suceda, en el mismo suelo, el de una gramínea, que necesita gran cantidad de Az. para su desarrollo.

Entre nosotros es común que se practique esa forma de cultivo eligiendo para el caso dos de las plantas más cultivadas: el trigo (*Triticum sativum*) y la alfalfa (*Medicago sativa*); para lo cual, cuando la alfalfa ha dado su máximum rendimiento se la corta, dejando las raices en el suelo. Por las descomposiciones que en estos órganos se efectúan se devuelve al suelo una gran cantidad de Az. asimilable que aprovechará en seguida el trigo.

63. La respiración.—Es la respiración la función vital por excelencia, común á vegetales y animales y á la que no escapa ningún ser vivo. Esencialmente consiste en la absorción del O. y la eliminación del CO^2. Aparentemente hay excepciones entre los vegetales respecto á la universalidad de esta función, como sucede con los bacteríos llamados *anaerobios*; pero estos vegetales necesitan O. y eliminan CO^2, como eualquier otro cuerpo vivo; pero no pueden soportar el O. libre y lo obtienen de los cuerpos orgánicos, desorganizándolos en mayor ó menor grado.

Siendo la respiración en los vegetales una función poco ostentosa, puesto que solo por medio del experimento puede comprobarse y siendo también menos activa, en la generalidad de los casos que la asimiliación del CO^2 se explica que durante mucho tiempo háyase ignorado su existencia y que aún después de descubierta haya sido negada por un investigador tan ilustre como Liebig (1840) y basándose entre otras razones en la contradicción aparente que resulta entre las dos funciones gaseosas más importantes: por la respiración se elimina CO^2 y por la asimilación clorofílica se absorbe el mismo gas. Durante mucho tiempo se creyó que las plantas respiraban de una manera totalmente inversa á la de los animales: estos eliminarían CO^2 que la planta absorbería Cuando los más rigurosos experimentos demostraron la existencia de una respiración vegetal idéntica á la animal, se habló entonces de respiración nocturna y de respiración diurna. Por la diurna la planta absorberiá CO^2 y eliminaría O. y por la nocturna el movimiento de los gases sería á la inversa. Hoy día sabemos que la planta respira siempre, pero que durante el dia predomina de tal mnera la asimilación clorofílica, que la respiración pasa á segunda fila y que todo, ó la mayor parte, del CO^2 que se forma durante el dia por la respiración es inmediatamente reabsorbido por la planta para asimilar el C.

La universalidad de la respiración no sólo se refiere á que la totalidad de las plantas la poseen, sino que se efectúa en todas las épocas de la vida, en todas las horas del día y en todos los órganos del vegetal; difiriendo así de un modo fundamental de la asimilación clorofílica. Más aún, puede decirse que haya hasta cierto punto una oposición entre ambas funciones: que por la respiración se destruye lo que por la asimilación se ha creado.

Lo mismo puede decirse respecto á los miembros que respiran: de un modo general, respiran más intensamente los desprovistos de clorófila que los que poseen este pigmento. Y por esta razón los esperimentos que se practican para demostrar la existencia de sta función deben hacerse con partes de vegetales en lasque no haya clorófila ó bien anulando la acción de este pigmento por medio de la oscuridad ó de los anestésicos. Se eligen comunmente hongos (*Basidiomicetas*) ó bien flores blancas ó amarillas, ó mejor aun inflorescencias, (*Compuestas*), ó bien semillas en vías de germinación en las que la clorófila no funciona.

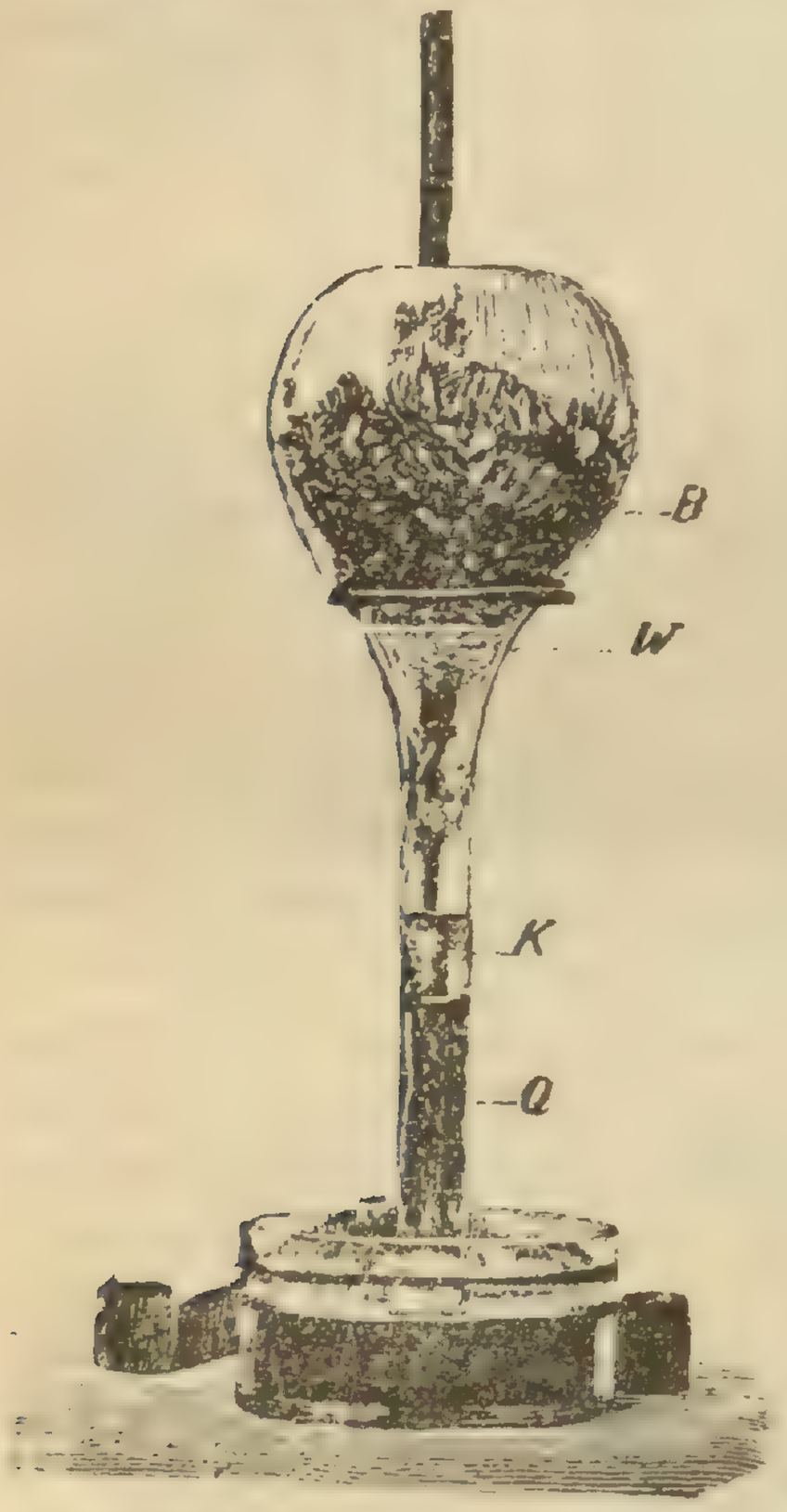


Fig. 113.—Experimento para demostrar la respiración. La parte ancha del matraz B) está ocupada por inflorescencias, hongos ó semillas. El anhidrido carbónico producido es absorbido por la solución de potasa ó de barita (K) y la disminución de presión se manifiesta por el ascenso del mercurio (Q) (*Noll*).

Se puede realizar el experimento de una manera muy sencilla, aunque en tales condiciones no se obtiene más demostración que la de que la planta elimina anhidrido carbónico.

Se toma un matraz y en su interiór se introduce el vegetal ó parte de vegetal elegida para el experimento, se vuelca luego el aparato introduciendo su boca dentro de una cubeta que contiene mercurio; para hacer más concluyente la demostración se introduce con una pipeta por debajo del mercurio algunos centímetros cúbicos de una solución saturada de potasa cáustica, ó mejor, aún, de agua de barita. Dispuesto todo convenientemente y asegurada la anulación de la asimilación, ó por la falta de clorófila, si se trata de un hongo, ó por la oscuridad más perfecta, la planta respira el O contenido en el matraz

eliminando una cantidad equivalente de,CO^2 . Si no hubiésemos introducido una sustancia ávida de este gas, el nivel del Hg. no variaría: pero como el agua de barita absorbe el CO^2 conforme se va produciendo, de ello resulta una diminución en la presión interior del matraz y por consiguiente, el mercurio sube un cierto espacio en el cuello del aparato (fig. 113).

Para realizar el experimento en condiciones más exactas y que pueda dar resultados más completos, se usan aparatos más complejos y se experimenta con mayores cantidades de aire, al que se le priva, previamente de todo el CO^2 que pueda contener.

Todos estos experimentos, realizados con meticuloso cuidado por distinguidos observadores, nos suministran gran número de datos respecto á esta función; datos que se refieren á los volúmenes de gases cambiados, á las condiciones que afectan esa relación, á las variaciones de intensidad respiratoria, etc. La relación que existe entre el volumen de O absorbido y el de CO^2 eliminado es casi siempre inferior á la unidad. Ó, en otros términos: la planta al respirar gana ó fija una parte de oxígeno y el resto lo emplea para la elaboracion del CO^2 .

Esa relación entre los volúmenes gaseosos es constante para la misma planta, siempre que se encuentre en idénticas condiciones de vegetación, pero varía mucho según las especies y según los órganos que se estudien. Así, por ejemplo, los vegetales que poseen gran cantidad de productos fácilmente oxidables son los que consumen mayor proporción de O. devolviendo muy poca cantidad de este elemento bajo forma de CO^2 . Las plantas y semillas que poseen esencias, grasas ó hidratos de carbono devuelven poco oxígeno: las semillas de lino al germinar sólo devuelven á la atmosfera bajo forma de CO^2 los 3/10 del volumen de O absorbido, guardando 7/10, que emplean en la oxidación de sus aceites para la preparación de los hidratos de carbono, necesarios para la alimentación. Esta relación 0'3 es un mínimum á que pocas veces se llega, ya que, como hemos dicho, la relación es frecuentemente vecina á la mitad. La relación de volúmen se altera también según el órgano, según la edad, según la temperatura, etc.

Variaciones de la intensidad respiratoria.—La intensidad respiratoria, que no debemos confundir con la relación de volúmen de los gases, varía también según múltiples condiciones, que dependen unas veces de la planta misma, y que son, otras veces, extrínsecas.

Una planta joven ó una semilla germinando respiran con mucha mayor intensidad que una planta adulta; y es por esto que cuando se practican experimentos se elige frecuentemente las semillas germinando, porque es más fácil la avaluación del O consumido y del CO^2 eliminando, por la vehemencia de la función. En general la planta respira tanto más intensamente

cuanto más joven es; y tanto más intensamente cuanto mayor tiempo le falta para alcanzar su completo desarrollo, lo que quiere decir que respiran con mayor intensidad los órganos en vías de crecimiento que los que han llegado á su desarrollo definitivo.

La luz afecta la función respiratoria muy poderosamente, disminuyendo su intensidad y aún anulándola: una razón más para explicar el motivo que obliga á practicar los experimentos sobre la respiración al abrigo de la luz. Las diversas radiaciones del espectro obran desigualmente: los rayos rojos y amarillos son los que más desfavorablemente actuán siendo indiferentes las radiaciones verdes.

La época de la vida tiene gran influencia sobre la respiración en general esa función es tanto más intensa cuanto más activa es la vida de la planta y según la clase de vegetal se producen máximas de intensidad respiratoria durante la germinación, durante la brotación primaveral y en la época de la florescencia.

Varias otras causas secundarias como el calor, la presión de O, etc., actúan también en mayor ó menor grado sobre esta función.

Respiración intramolecular.=La planta privada de O. libre continúa eliminando CO^2 durante un cierto tiempo, hasta que sobreviene la asfixia completa y la muerte. Este fenómeno se llama *respiración intramolecular* y en tales condiciones la planta utiliza el O de sus propios principios, efectuando sobre ellos una descomposición. La respiración intramolecular varía en su intensidad según la naturaleza de la planta y de los principios orgánicos más ó menos ricos en O. y fácilmente descomponibles.

Más adelante veremos que ese fenómeno de la respiración intramolecular, que se observa en plantas superiores en condiciones excepcionales, constituye el modo normal de absorción de O en las criptógramas anaerobias y que algunos hongos que normalmente absorben el O libre, pueden comportarse en casos especiales como anaerobios y ejercer acción de fermentos (véase en el t. II: mobos y fermentación alcohólica).

La respiración intramolecular puede demostrarse colocando al vegetal en una atmófera formada por un gas inerte (H. ó Ax) ó bien en el vacío. Es el más conocido el experimento que se práctica en el vacío barométrico de un tubo de vidrio lleno de mercurio al que se la invertido sobre una cubeta que contenga el mismo metal: en tales condiciones se hace un espacio vacío en el fondo del tubo, á cuyo espacio se hacen llegar varias semillas en estado de germinación (semillas de *Pisum*, de *Vicia*, de *Lupinus*, etc). Esas semillas continúan eliminando CO^2 durante un cierto tiempo y puede avaluarse la intensidad de la respiración intramolecular dosando la cantidad de CO^2 producida en la unidad de tiempo.

Consecuencias de la respiración.—La respiración resulta, pues, una verdadera oxidación y en tal concepto la planta que respira produce calor; pero como la intensidad de esta función por grande que sea, es mínima si se la compara con la que se efectúa en los animales, y como la pérdida de calor que experimenta la planta por la transpiración y por la radiación que le proporciona su gran superficie es enorme, de ello resulta que en las condiciones comunes no es posible apreciar la elevación de la temperatura; pero que se altere alguna ó todas esas condiciones y la planta elevará su temperatura sobre la del medio ambiente. Esas condiciones se realizan cuando se hacen germinar semillas acumuladas; porque en este caso la intensidad respiratoria es muy grande y la superficie para la radiación de calórico es relativamente pequeña, mayor oxidación por un lado, menor eliminación de calórico por otro, de ello resulta que la temperatura se eleva algunos grados sobre la del medio ambiente.

En la naturaleza se realizan las mismas condiciones que hemos indicado para la experimentación; como por ejemplo, en ciertas inflorescencias muy compactas, como las de algunas *Compuestas* y *Aróideas*, en las que la intensidad respiratoria es muy grande y la superficie de irradiación muy pequeña. Ciertos espádices de *Aróideas* pueden elevar su temperatura hasta 20° sobre la temperatura ambiente.

Finalmente, en ciertas condiciones, y en presencia, probablemente, de cuerpos especiales, las plantas pueden acusar la vehemencia de su respiración por la emisión de luz y fosforescencia. Se observa el fenómeno comunmente en ciertos hongos. (*Agaricus melleus*, *A. igneus*, *A. noctilucens*, etc).

64. La transpiración y la sudación.—Hemos estudiado hasta ahora funciones que tienen por objeto proveer á la planta de las sustancias necesarias para su vida, ahora vamos á ocuparnos de las llamadas funciones de eliminación, que son las que se encargan de despojar al vegetal del exceso de ciertos alimentos ó bien de sustancias nocivas. La primera función que estudiaremos es la de la eliminación de agua que se puede hacer bajo forma de vapor, constituyendo la función propiamente llamada *transpiración* ó bien haciéndose en su estado líquido y entonces se denomina *sudación*.

La eliminación de agua bajo cualquier forma es una función vital y que no debe confundirse con la simple evaporación: la célula viva cede mayor ó menor cantidad de agua, de acuerdo con sus necesidades y con ciertas condiciones extrínsecas que ya estudiaremos, y que ninguna influencia ejercen sobre la evaporación del agua, no contenida en un cuerpo vivo.

Por lo pronto, experimentos muy bien concluidos nos demuestran

que en igualdad de condiciones, se evapora mucha mayor cantidad de agua de una vasija, que la que emite una superficie foliar idéntica.

Los experimentos de Detmer han demostrado que el agua contenida en una vasija plana se evapora en proporción de 1'13 gr. por 100 C2 de superficie en 24 horas y que una plantita joven de poroto (*Phaseolus*) emite por la misma superficie y en igual espacio de tiempo solo 1'99 gr. Inútil es repetir que todas las condiciones que actúan sobre la evaporación de este líquido son exactamente iguales para las dos superficies evaporantes.

La otra prueba, también muy demostrativa, de la diferencia que existe entre la función vital, transpiración y la simple evaporación, es que una planta muerta pierde mucho más rápidamente su agua que una planta viva en igualdad de condiciones.

Órganos de la transpiración.—La transpiración puede hacerse al nivel de todos los órganos aéreos de la planta; pero en condiciones tan desiguales que podemos decir que hay órganos especiales para la transpiración. Estos órganos son las hojas, que por muchas razones se encuentran en espléndidas condiciones para realizar esa eliminación.

Son los miembros terminales de las nervaduras, por donde circula el agua tomada por la raíz; son los laboratorios químicos de la planta, en donde se efectúan las grandes síntesis orgánicas y donde se puede, por consiguiente apreciar la cantidad de agua sobrante que no va á ser inmediatamente aprovechada, y finalmente, y la mejor razón, poseen los estomas, órgano encargados de la transpiración, y capaces, hasta cierto punto, de regular esa función.

Los tallos pueden también eliminar pequeñas cantidades de agua y bajo este punto de vista pueden ser asimilados á las hojas, cuando se trata de ejes herbáceos, cuyas estructuras superficiales son muy parecidas á las de los miembros foliares. Pero en los tallos adultos la eliminación de agua no puede hacerse por su suberificación; como no puede hacerse en ciertas hojas muy cuticularizadas ó revestidas de una capa de cera; puesto que ya hemos visto que la cera, la cutina y la suberina, dotan á las paredes celulares que cubren ó de la que forman parte, de la propiedad más ó menos absoluta de hacerlas impermeables.

Experimentos que demuestran la transpiración.—Son sencillos de realizar y muy demostrativos. Colocamos debajo de una campana de vidrio un puñado de hojas verdes, ó mejor, una plantita joven en su maceta, y nos aseguramos, por artificios especiales, de que la tierra bien regada de la maceta no puede evaporar su agua; como lo realizaríamos barnizando la maceta y cubriendo la tierra con una lámina de plomo que no tenga más que un orificio para dar paso al tallo; al cabo de un cierto

espacio de tiempo, que varía con la especie vegetal elegida y con las condiciones extrínsecas que rodean al experimento notaremos que las paredes de la campana se empañan y que poco á poco van acumulándose gotitas de agua que corren por fin á lo largo de dichas paredes. El experimento nos demuestra que la planta ha transpirado y nos demostrará también la cantidad de agua que ha eliminado en la unidad de tiempo, si antes de comenzar el experimento hemos pesado la maceta y constatamos después la diferencia por una nueva pesada.

Se puede hacer más simplemente el experimento, y no por ello menos demostrativo, colocando la rama joven cuya transpiración vamos á observar en la parte ancha de un tubo en U, cuya rama más delgada se prolonga en ángulo recto, adelgazándose progresivamente, hasta concluir en un orificio capilar ó poco más. Se carga el aparato con agua y si esta es coloreada ó si en la rama delgada del tubo se marcan señales que sirvan de puntos de referencia y si se ha colocado la rama de tal manera que el corte de su tallo venga á quedar bien bañado por el liquido y asegurándose de que el agua no pueda evaporarse por ningún lado, al cabo de un cierto espacio de tiempo. que comunmente es de dos ó tres horas, veremos que el agua que ocupa la parte horizontal y adelgazada del tubo va poco á poco retrocediendo. Si el tubo está bien calibrado y las medidas son exactas el experimento nos demostrará, no solo que la transpiración existe, sino la cantidad de agua que ha sido eliminada en la unidad de tiempo.

Hemos dicho también que esta función se hace preferentemente por los estomas y en efecto es lo que la experimentación comprueba. Dos sencillas demostraciones son las únicas que mencionaremos. Se colocan dos campanas de vidrio de igual diámetro, una sobre otra, tocándose por sus bordes y separados los dos espacios de cada una por una hoja ancha y que se la deja inserta en su correspondiente rama; eligiéndola también de las que poseen todos ó la mayor parte de sus estomas en la cara inferior (comunmente se usan plantas de tabajo—*Nicotiana tabacum* ó de plátano—*Platanus Europea*). Si se ha tenido cuidado de ajustar perfectamente los bordes de la campana á las caras de la hoja, por medio de un *mástic* especial, podremos suponer que el agua transpirada por cada cara de la hoja estará rigurosamente contenida en las respectivas campanas. Antes de comenzar el experimento se coloca dentro de cada campana una pequeña cápsula que contiene un peso conocido de cloruro de calcio, cuerpo que es muy ávido de agua. Dejado el aparato así construído durante un cierto tiempo y pesadas nuevamente las cápsulas encontraremos que la que ha recogido el agua de la página inferior pesa mucho más que la otra. Lo que quiere decir que la hoja ha transpirado muchísimo más por la cara que posee los estomas.

No tan exacto por lo que respecta á las cantidades de agua eliminadas por cada cara foliar pero más evidente, si cabe, en lo que respecta á

la demostración de que la transpiración se hace por los estomas, es el experimento que se realiza aprovechando la propiedad que poseen ciertas sales anhidras de alterar su coloración cuando se hidratan. Se utiliza el cloruro de cobalto ó mejor aún un cloruro doble de hierro y paladio. Con esta sal se impregna una hoja de papel, que una vez bien seca presenta un color amarillento. Si elegimos una hoja de una planta cualquiera y la cubrimos con dos hojas de papel sensible, una por la cara superior y otra por la inferior, al cabo de cierto tiempo y usando un ligero aumento veremos que la lámina que ha estado aplicada contra la cara en donde hay mayor número de estomas está sembrada de puntitos grises; cambio de coloración debido á la hidratación de la sal justamente al nivel de los estomas.

La transpiración propiamente dicha y la clorovaporización.— Hemos repetido al describir los anteriores experimentos que la planta ó el órgano de experimentación debe encontrarse en condiciones especiales, lo que significa que la eliminación de agua varía en razón de múltiples condiciones que dependen de la planta misma ó de las condiciones exteriores. De estas, no vamos á ocuparnos, por el momento, más que de la luz. En efecto, la planta elimina en contacto con la luz solar una cantidad mucho mayor de agua que cuando se encuentra en la oscuridad; permitiendo distinguir en esta eliminación dos funciones distintas: la transpiración propiamente dicha, función protoplásmica por exeelencia, que se efectúa en cualquier planta, aunque no tenga clorófila y en cualquiera hora del día; y la clorovaporización, que es exclusiva de las plantas clorofílicas y solo se realiza cuando hay luz solar.

La influencia de la luz solar y sobre todo de las radiaciones rojas, azules y violáceas sobre la eliminación de agua es tan marcada que la planta durante las horas del día elimina una cantidad de agua que puede ser de 10 á 100 veces mayor que la que elimina durante la noche. La clorófila aprovecha las radiaciones del espectro ya mencionadas y las utiliza en la evaporación del agua contenida en las respectivas células.

Como se ve, la clorovaporización no se opone á la transpiración propiamente dicha, siendo por el contrario, dos funciones que se complementan.

Parece que hay cierta oposición entre las funciones de eliminación de agua por la clorófila y las de asimilación del C. ó, en otros términos: cuanto más activa es la asimilación del C., tanto menos activa es la clorovaporización y vice-versa. Se demuestra esta particularidad de la clorófila aprovecando la acción paralizante de los anestésicos sobre la

asimilación, de cuya parálisis resulta una actividad muyo *ma*yor de la clorovaporización.

El experimento contrario se realiza colocando á una planta en una atmósfera fuertemente oxicarbonada (10 ojo de CO2) en las que como se recordará la asimilación clorofílica es muy activa. En tal caso la clorovaporización es muy lenta ó nula.

La luz no solamente actúa de una manera muy poderosa sobre la eliminación del agua, por su acción sobre la clorófila, sino también porque actúa sobre las células estomáticas provocando su mayor curvatura y por ende, la exageración de la luz del ostiolo y la mayor facilidad para la eliminación del vapor de agua.

Otras condiciones que influyen sobre la eliminación del H^2 O— Además de la influencia preponderante de la luz, actúan también en esta función de eliminación, la *temperatura*, el *estado higrométrico* del aire y la *naturaleza* de los principios inmediatos que la planta encierra.

La influencia de la temperatura es muy señalada. Durante los fuertes calores del verano suelen las plantas marchitarse durante el dia por la actividad de la transpiración y aun en el caso de que se haga abstracción de una parte de clorovaporización, dejando á la planta en una luz difusa. Basta en este caso que sobrevenga la noche y que con el descenso de la temperatura y la falta de luz la clorovaporización cese, para que la planta recobre su aspecto fresco.

El estado higrométrico del aire actúa de un modo inverso: la transpiración disminuye cuanto mayor vapor de agua contiene la atmósfera y si la cantidad llega á la saturación, la transpiración cesa para ser reemplazada por la sudación. Finalmente, la naturaleza de las sustancias de reserva tiene gran importancia sobre la mayor ó menor actividad de esta función. Hay cuerpos que como las gomas, mucílagos, azúcares, etc., impiden en gran parte la evaporación del agua; de modo que las plantas que guardan algunos de esos cuerpos eliminan, en igualdad de condiciones, menor cantidad de agua que la que no los poseen.

Hay muchas otras condiciones secundarias que actúan sobre estas funciones, como ser el espesor de las cutículas, la cantidad de estomas, los depósitos acuíferos que poseen ciertas plantas, etc., y que no hacemos más que mencionar porque su estudio detallado nos haría salvar los límites que nos hemos impuesto.

No podemos, sin embargo. dejar de consignar la influencia que tienen los movimientos que se imprimen á la planta, sobre la transpiración. Constatado el hecho de que hay ciertas plantas que eliminan menor cantidad de H2 O cuando son agitadas, que cuando están en reposo, se trató de explicarlo y lo más probable es que sea debido á que algunas plantas poseen células estomáticas tan sensibles que basta la perturbación

que les imprime el viento para que se aproximen y disminuyan ó anulen la luz del estiolo, disminuyendo, por consiguiente, la cantidad de agua eliminada.

Es verdaderamente fabulosa la cantidad de agua que las plantas eliminan por medio de la transpiracion y de la clorovaporización. Hay que pensar pue si bien los estomas son muy pequeños, son en cambio muy numerosos y que estas funciones se hacen continuamente, porque continuamente también la raíz absorbe agua, cuyo exceso está destinado á ser eliminado por la hoja. Basta recordar que los cálculos hechos por botánicos distinguídos y basados en minuciosos experimentos permiten afirmar que una planta de girasol (*Helianthus annuus*) transpira en un día cálido del verano una cantidad de agua próxima á un litro (*Hales*). Según *Dietrich*, para la producción de un gramo de sustancia seca vegetal es menester que hayan pasado por la planta de 250 á 400 gramos de agua, según la especie de que se trate.

La sudacion.—Cuando por una causa cualquiera cesa la transpiración, como la raíz sigue absorbiendo, el agua se va acumulando en los tejidos de la planta á los que pone turgescentes y en cuyo interior llega á estar á presiones que pueden ser considerables. Si la presión interna llega á un límite, probablemente fijo para cada planta, el agua concluye por vencer la resistencia que le opone la pared celular y escapa en estado líquido, pasando por los intersticios celulares y escapando al exterior bajo forma de gotitas. Este fenómeno es el que se denomina *sudaeión* y que como se ve no es más que la eliminación del H^2O bajo la forma líquida.

La sudación se produce siempre que la transpiración cesa bruscamente mientras que la raíz sigue absorbiendo agua; por lo cual en las horas en que más frecuentemente se la observa, es en las de la noche, debido principalmente, á que durante ese tiempo la clorovaporización no se efectúa y la transpiración propiamente dicha solo produce una cantidad mínima de H^2O. A esta sudación nocturna se deben las gotitas brillantes de líquido que humedecen la superficie de las hojas por la mañana (figura 114).

Fig. 114—Sudación en gotas por los bordos de una hoja de *Tropœolum majus*. (*Strasáurger*).

Durante la noche la raíz ha seguido absorbiendo y la hoja no clorovaporiza y si á esto agregamos que el descenso de la temperatura y el mejor estado higrométrico del aire reducen la transpiración á un mínimo, comprenderemos que el agua se haya ido acumulando en el interior de las células hasta vencer la resistencia de las paredes é invadir los meatos intercelulares, fraguándose por fin un paso hacia el exterior. Las gotitas de

agua escapan, ó bien estomas especiales: *estomas acuíferos*, que pueden ser simples estomas con células inmóviles, ó tener en tejido acuífero especial: el *epitema* (fig. 115); ó bien, escapan por intesticios que se fraguan separando las células epidérmicas; ó, finalmente, si la tensión interior es muy grande puede hacerse una filtración á través de la cutícula.

Fig. 115.—Corte de una hoja al nivel de un estoma acuífero—*a*. célula estomática—*b*. ostiolo—*c*. células compañeras—*f*. parénquima clorofílico *g*. hacecillos de vasos leñosos que terminan libremente en el parénquima acuífero (*h*).

Otra causa de sudación que hay que tener en cuenta es la de la existencia en ciertas regiones de productos muy osmóticos, como los azucares, que provocan una especie de aspiración del agua y un aumento de tensión, que da por resultado final la salida hacia el exterior de líquidos azucarados: es el mecanismo por el que actúan los nectarios.

Puede referirse también á la sudación las transudaciones de sustancias fermentativas que se observan en las plantas llamadas carnívoras, las que en muchos casos, poseen órganos transformados que sirven de receptáculos ó depositos en los que se almacenan las sustancias segregadas (*ascidios* de los *Nepenthes*, *Sarracenias*, etc.)

65. Las secreciones.—El resultado final de la actividad nutritiva de la célula es la producción de ciertos cuerpos, comunmente de composición química sencilla (gomas, resinas y óleo-resinas, etc). que se pueden, fisiológicamente, clasificar como secreciones propiamente dichas ó como simples secreciones de productos que no son ya útiles á la planta y que hasta pueden ser nocivos (oxalato de Ca); en tal caso los resultantes de las descomposiciones intracelulares son arrojados al exterior, o bien conservados en regiones especiales en donde permanecen, por decir así, *secuestrados* indefinidamente.

La diferenciación clara entre las verdaderas secreciones y las excreciones es, pues, difícil y como ya hemos estudiado el origen de muchas de ellas no vamos á insistir, limitándonos á consignar algunos de esos productos como son las *esencias*, las *resinas*, las *gomas*, los *bálsamos*, las *gomo y óleo-resinas*, los jugos que se denominan *latex*, las secreciones *diastasígenas*, etc.

66. Resumen de las funciones de nutrición.—La planta es un organismo fijo que se nutre tomando del medio ambiente: agua, suelo y aire los materiales necesarios.

Del suelo toma por la raíz agua y sales minerales, esa función constituye la *absorción*,, que va á veces precedida por una *elaboración* de los materiales á absorber una especie de *digestión*. Absorbidos esos jugos del suelo, deben circular llegando finalmente á las hojas, en donde se elimina el exceso de agua por medio de la transpiración y en donde se encuentran nuevos elementos obtenidos por medio de otras dos funciones: la *asimilación clorofílica* que proporciona C y la *respiración* que suministra O. En las hojas tienen lugar las grandes síntesis órgánicas cuya íntima esencia desconocemos: es la *nutrición propiamente dicha*, que mejor debería llamarse asimilación, comparándola con la asimilación de los animales. Finalmente, como resultado final de esas síntesis, aparecen la *transpiración* y las *secreciones*.

Insistimos al terminar este capítulo en recordar que el resumen que hemos hecho es sólo aplicable á las plantas que poseen clorófila, puesto que la presencia ó ausencia de ese pigmento les imprime un carácter fundamental de gran importancia.

CAPITULO XI

LA REPRODUCCION

L a reproducción es la función ó conjunto de funciones que se encargan de asegurar la perpetuidad de la especie.

67. Generalidades.—El vegetal se produce cuando ha llegado á su completo desarrollo, ó por lo menos, cuando dispone de ciertos materiales ó sustancias que puedan servir para la primera nutrición de nuevo individuo.

La reproducción puede ser esencialmente de dos clases: *sexual* ó *dímera* y *asexual* ó *monómera*: aunque en esto como en la mayor parte de los puntos de biología vegetal no hay una separación absoluta, sino una suave transición de la reproducción asexual pura hasta la sexual.

Se dice que la reproducción es asexual cuando el vegetal produce un nuevo individuo por la diferenciación de una parte cualquiera de su cuerpo (multiplicación vegetativa), ó por la formación de un órgano ó germen especial único y exclusivamente destinado á la reproducción (reproducción asexual propiamente dicha).

La reproducción sexual ó dímera es la que se efectúa por intermedio de dos elementos producidos por la planta y que están destinados á unirse íntimamente, refundiendo sus protoplasmas, núcleos, etc., á fin de producir otro elemento que directa ó indirectamente está destinado á la formación de un nuevo individuo.

La noción que predomina en la explicación de la reproducción dímera

es la de que los individuos á conjugarse, que comunmente se denominan *gametas*, son incompletos; ó en otros términos, que para que pueda haber reproducción es menester que las dos gametas, masculina y femenina, se confundan en una sola que reuna en ella las condiciones morfológicas y vitales de cada una de ellas.

A la generalización de esta noción biológica se oponía la absoluta carencia de conocimientos exactos acerca de los carácteres diferenciales de las gametas. Ultimamente esa idea ha dejado de ser una simple hipótesis por el descubrimiento del número de cromosomas que constituyen los núcleos de las diversas células. Este punto, que hemos ya esbozado al hablar de la estructura de las gametas de las Fanerógamas, será ampliado en este mismo capitulo. Sin embargo, quedan todavía casos de verdadera *isogamia*, es decir, de conjugación celular entre dos gametas que aparentemente son iguales; pero conforme se van perfeccionando los medios de investigación se va reduciendo la lista de las gametas iguales y se va averiguando que células que aparentemente son idénticas poseen carácteres distintos y complementarios unos de otros; nos queda el derecho de suponer que siempre que haya conjugación entre dos células para la constitución de una tercera, destinada á funciones de reproducción, esas dos células no son idénticas, aunque aparentemente así se presenten.

De modo que en las plantas inferiores (Talófitas) encontráremos los casos más simples de reproducción sexual, efectuada por la conjugación de dos células aparentemente iguales (*isogamia*) y desde ahí en adelante veremos como va perfeccionándose cada vez más la reproducción sexual por la aparición de gametas bien diferenciadas contenidas ó producidas por órganos bien diferenciados y con un conjunto más ó menos grande de órganos acesorios destinados á favorecer la función.

Vamos ahora á ocuparnos de las diversas formas de la reproducción en cada uno de los diversos grupos naturales; deteniéndonos más en ciertos grupos ó en ciertas formas de reproducción ó por su importancia ó por su generalidad y mencionando apenas ciertas formas por no ser tan generales ó porque constituyen caracteres tan propios de una agrupación que exigen su estudio más detallado en la sistemática.

68. La reproducción sexual.—En las talófitas.--En estas plantas se eencuentra perfectamente esta forma de reproducción, ya sea bajo forma de reproducción asexual propiamente dicha con formación de *esporos* ó bien bajo forma de multiplicación vegetativa. En los grados más inferiores es difícil establecer una distinción bien clara entre reproducción asexual propiamente dicha y multiplicación vegetativa. En las Talófitas unicelulares se puede observar la multiplicación por todos los procedimientos que hemos estudiado en la reproducción celular. Pero en casos especiales no toma parte en la multiplicación toda la célula sino que se diferencia una parte de ella constituyéndose un germen que toma el nombre genérico de *esporo*.

La formación de esporos puede efectuarse de una manera accidental cuando el vegetal está sometido á condiciones nutritivas especiales. Las Bacteriáceas, por ejemplo, se reproducen normalmente por bipartición, cuando el medio en que vegetan les suministra abundante nutrición; pero si el medio es pobre en sustancias nutritivas; ó si ha sido viciado ó alterado por las propias secreciones; ó bajo la influencia de causas exteriores que actúen contra la vitalidad de la célula, en todos esos casos la bacteriácea deja su modo normal de propagación y concentra toda su energía en la formación de una célula especial: el esporo, que está dotado de una ó dos espesas membranas de cubierta y que posee en su interior abundante cantidad de protoplasma dotado de sustancias nutritivas aparentes.

El modo distinto de originare los esporos, sus formas y aun su modo de comportarse dan por resultado que en las *Talófitas* se reunan bajo el nombre genérico de esporos gran cantidad de células que particularmente se les conoce con nombres diferentes. Así, por ejemplo, se dice que son *endosporos* los que se forman en el interior de una célula siendo en tal caso necesario que desaparezca la envoltura de la célula primitiva para que el nuevo germen quede libre. Los endosporos se oponen á los *exosporos* que se forman en la parte exterior de la célula madre. Los exosporos suelen llamarse, en casos especiales, *artrosporos.* Los endosporos pueden originarse de á uno ó muchos á un tiempo y tendremos oportunidad de estudiar muchos de ellos en Sistemática bajo los nombres de *zoosporos*, *clamidosporos*, *ascosporos*, etc.

Como exosporos estudiaremos los que se originan en algunas *Esquizomicetas* y que llevan propiamente el nombre de *artrosporos;* así como también los que se forman accesoriamente en muchos Hongos y que aunque tienen origen diferente y en muchos casos formas muy distintas, por el papel fisiológico á que están destinados se les confunde bajo el nombre genérico de *conidios.*

En los Hongos es donde más abundante variedad de esporos se encuentra, teniendo por lo común, cada una de las agrupaciones de esos vegetales, un esporo típico, por su forma, origen ó rol fisiológico; aparte de otras muchas formas, esenciales algunas, accidentales otras que reciben diversas denominaciones y que establecen cierta confusión en la nomenclatura.

En resumen: un esporo es una célula comunmente muy resistente y provista de membrana (los zoósporos no poseen membrana), que se forma en el interior ó en el exterior de los cuerpos de otras células que reciben el nombre de *células madres* y que una vez puestos en libertad pueden permanecer un tiempo más ó menos largo en estado de reposo

(vida latente), ó bien, entrar inmediatamente en funciones, germinando, para producir un nuevo individuo, que puede ser idéntico á aquel que le dió origen, ó no.

En las Talófitas pluricelulares hay otras formas de multiplicación vegetativa que es bueno recordar: es posible la regeneración de un nuevo individuo por la brotación de una parte del cuerpo de la planta adulta y aun por la brotación de una parte de célula como se ha observado en algunas Algas (*Vaucherias*). En los Líquenes existe una forma especial de multiplicación vegetativa por medio de gérmenes propios que se conocen con el nombre de *soredios* y que constituyen verdaderas propágulas ó gérmenes de propagación, como veremos que existen en plantas más desarrolladas.

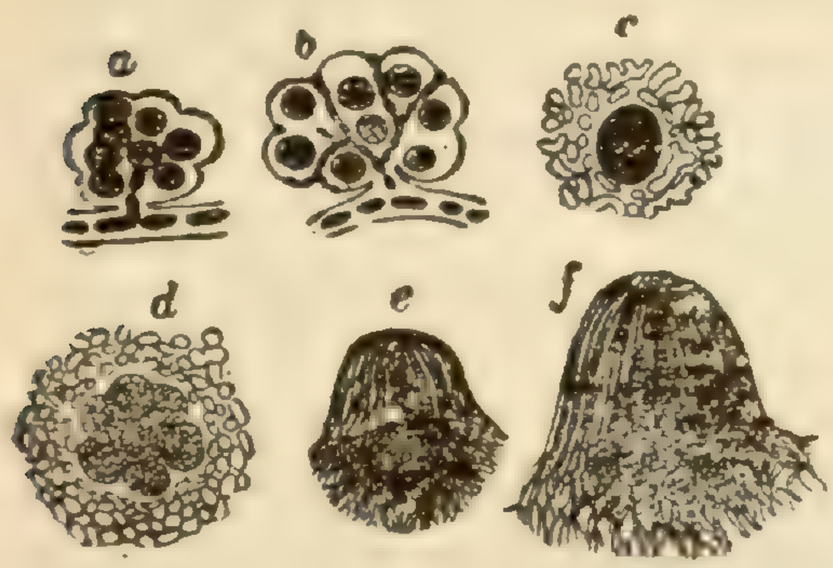


Fig. 116-Soredios de un líquen-*a* y *b*, principio del dasarrollo. Las células redondas representan al alga y los espacios intermediarios van ocupándose con las hifas del hongo-*c*, un soredio completo, con una sola célula verde-*d*, las células verdes se han dividido-*e* y *f*, germinación del soredio para reconstituir el líquen. (*Wiesner*).

En las Muscíneas—En las Muscíneas y en las Criptógamas vasculares la reproducción asexual ó por esporos no es más que un ciclo de la reproducción normal, ó, en otros términos: estas plantas están dotadas de una forma de reproducción llamada comunmente *alternante*, porque á un ciclo de reproducción sexual sucede otro asexual y esto de una manera constante y muy característica. Dejaremos su estudio para un párrafo especial y nos limitaremos aquí á mencionar algunos ejemplos de las formas de multiplicaeión vegetativa que pueden observarse en estos dos grupos.

En las Muscíneas es una forma de propagación muy característica la de la formación de gérmenes especiales conocidos con el nombre de *propágulas*, formadas por agrupaciones de células que se originan en la superficie del individuo sexual y entre las cuales hay diferenciación por contener unas clorófila, ser incoloras otras y encerrar otras reservas oleosas. Esas propágulas cuando han llegado á su maximum de desarrollo son sueceptibles de desprenderse de la planta que les dió origen y una vez en buenas condiciones de fijación tabicar sus células diferenciadas y reconstituir un nuevo individuo. Se observan las propágulas de las Muscíneas preferentemente en las *Hepaticas* (fig. 120).

En algunos *Musgos* se observa la multiplicación vegetativa por intermedio de *tuberculillos*, gérmenes de propagación que se originan sub-terráneamente, á expensas de los rizoides y que se diferencian esencialmente de las llamadas propágulas por la carencia de clorófila entre

sus contenidos celulares. Como todos los conjuntos celulares destinados á la multiplicación entre sus contenidos predominan las sustancias de reserva que proveerán á las primeras necesidades del crecimiento.

En las Criptógamas vasculares—Como con las *Muscíneas* solo describiremos aquí las diversas formas de multiplicación vegetativa, dejando la descripción de la reproducción por esporos para estudiarla en párrafo especial.

En estas plantas se encuentran formas de multiplicación vegetativa semejantes á las de las Fanerógamas y es fácil de comprender que así suceda si se reflexiona que las Criptógamas vasculares están constituídas del punto de vista vegetativo, de un modo análogo á las plantas superiores.

Los *Helechos* y algunas *Equisetáceas* son susceptibles de propagarse por medio de una parte de su tallo (*estacas*) en el que se provoca la aparición de raíces adventicias.

En algunas *Equisetáceas* suelen formarse tubérculos aereos á expensas del crecimiento exagerado de los tejidos de un entrenudo, cuyas células se llenan de sustancia amilácea. La hipertrofia del tejido y la riqueza en sustancias nutritivas pueden provocar la formación de raicillas adventicias; de modo que, si natural ó artificialmente el tubérculo es separado de la planta madre, se puede así originar un nuevo individuo.

En los *Helechos* la formación de tubérculos sub-terráneos y de bulbillos de propagación es frecuente. Esos bulbillos ó yemas de propagación suelen originarse sobre las hojas, á la manera de pequeñas eminencias que producen raicillas y después hojas; desprendida la yema de la planta madre queda reconstituído un nuevo individuo. Se observan ejemplos en varias especies de género *Aspidium*. En los mismos Helechos se ha llegado por el cultivo á la supresión del ciclo sexual de reproducción y esta función se hace simplemente por multiplicación vegetativa y á expensas de esos órganos, ya descriptos.

Fig. 117--Plantita de helecho (*Asplenium Fabianum*) desarrollada en una yema foliar adventicia de una planta adulta-*T*, las hojitas de la nueva planta-*W*, sus raicillas-*M*, la hoja de la planta adulta. (*Strasburger*).

En las Fanerógamas—En las plantas superiores las formas de multiplicación vegetativa son muy variadas y se pueden observar expontá-

neamente, por las solas fuerzas naturales ó con intervención de la mano del hombre, que aprovecha la disposición especial de ciertos órganos del vegetal para procurar su fácil multiplicación. Los diversos medios de multiplicación vegetativa que en seguida estudiaremos son aprovechados para la propagación fácil de plantas útiles que el hombre aprovecha para sus necesidades y cuya reproducción natural por las semillas constituye un medio muy largo, que nos privaría de tener un gran número de individuos de una especie útil en un tiempo dado.

La multiplicación vegetativa puede, en rigor, efectuarse á expensas de cualquiera de los órganos de nutrición. A veces esos órganos afectan disposiciones y estructuras especiales por medio de las cuales se ponen en mejores condiciones para la realización de esa función.

Esas condiciones dependen principalmente de las sustancias nutritivas que almacenan, en órganos que han sufrido una especie de hinchazón ó hipertrofía y que fácilmente se separan de los miembros que les han dado orígen. En tales casos las funciones vegetativas de dichos órganos son muy accesorias y parece que el principal objeto de su formación fuese el de la propagación de la especie.

Los tallos transformados que hemos llamado *tubérculos*, *bulbos*, *rizomas* y *estolones*, pueden multiplicar la especie de una manera expontánea.

Por medio de tubérculos se propagan expontáneamente las papas (*Solanum tuberosum*). Una sola planta puede originar una gran cantidad de esos órganos, que se producen á cierta distancia del tallo principal y al que se mantienen unidos por medio de estolones ó tallos más ó menos horizontales, que son, en este caso, también subterráneos. Cada uno de esos tubérculos. cuando las condiciones son propicias, es capaz de originar un nuevo individuo; de modo que se puede formar alrededor de la planta madre una verdadera colonia de plantas hijas, que si bien dependen al principio, de la planta principal, se independizan de ella una vez arraigadas y por su nutrición propia son capaces de volver á engendrar nuevos tubérculos que se comportarán nuevamente como los de la planta originaria.

Los bulbos propagan también ciertas especies, ó aseguran, por lo menos, la perpetuidad de algunos individuos. Es sabido que la mayor parte de las *Liliáceas* é *Irideas* bulbosas se propagan por medio de sus bulbos hijos que se originan en las axilas de los bulbos viejos.

Por medio de rizomas es bastante común la propagación de las plantas y no sólo en las Fanerógamas, sino también en las Criptógamas vasculares, en las que un sólo pié de helecho puede producir una gran cantidad de plantas hijas á su alrededor, sin que en ello tome parte la

función reproductora normal. Los rizomas, á la par de los bulbos y de los tubérculos permiten que las plantas que los poseen se hagan vivaces ó perenes, porque la estructura y disposición especial de esos órganos les permiten resistir mejor á las influencias desfavorables de temperatura, humeda, etc.

La propagación de ciertas plantas herbáceas por medio de estolones es de observación vulgar. Así se multiplican entre otras especies las violetas (*Viola odorata*) y las fresas (*Fragaria vesca*) por la formación de los talluelos rastreros que se originan en la axila de una hoja y que después de recorrer un cierto espacio de terreno emiten su ramillete de raicillas adventicias y en el lado opuesto aparece una yema que por su ulterior desarrollo originará una nueva planta.

Aunque no tan frecuentemente, suele observarse también la multiplicación vegetativa á expensas de hojas, que se encuentran para el caso, provistas de abundante cantidad de sustancias de reserva para los primeros gastos del crecimiento y hasta que la plantita pueda proveer por sí misma á sus necesidades. Se observa esta propagación por hojas en muchas *Begoniáceas* y en algunas especies de la familia de las *Crasuláceas*, en las que esta forma de multiplicación alcanzaza á su más alto grado de desarrollo (*Bryophyllum*, *Echeverria*, etc.)

La multiplicación puede hacerse también por medio de órganos accesorios que por su estructura son verdaderas *yemas*. Esas yemas pueden originarse en lugares comunes ó bien en regiones anormales, constituyendo entonces *yemas adventicias*. A esta categoría pertenecen las yemas foliares de algunos *Bryophyllum*, las de la *Saxifraga bulbifera* y las que se desarrollan en las inflorescencias de ciertas especies del género *Allium* (puerros).

Las raíces sirven también para la multiplicación vegetativa, ya sea con su estructura normal, ó bien previa transformación y producción de un órgano de tejidos hipertrofiados y con abundantes reservas. De la primera clase son las que producen *renuevos* ó *retoños*, raíces adultas de ciertas plantas, generalmente leñosas; como sauces (*Salix*, álamos (*Populus*), etc. Esos renuevos no son en realidad más que el resultado del desarrollo de yemas adventicias originadas en raíces viejas. Con metamórfosis del aspecto y estructura común de este órgano se observa la propagación vegetativa por intermedio de raíces tuberosas, en las dalias (*Dalhia variabilis*), en el topinambur (*Heliantus tuberosus*), etc.

Todos estos medios de multiplicación vegetativa que se observan en los vegetales son susceptibles de ser aprovechados de la mejor manera por la interveución de la mano del hombre, quien aún hace más, forzando, por procedimientos especiales, á ciertas plantas, para que se

multipliquen vegetativamente y no por su reproducción normal, que es siempre larga.

Basta recordar que la mayor parte de los árboles frutales que producen tanto fruto útil para la alimentación no producen sus frutos hasta varios años después de la germinación de la semilla que les dió origen, siguiendo las leyes naturales de que la reproducción, es una función propia de la edad adulta. Por medio de los diversos procedimientos de multiplicación vegetativa, que en seguida esbozaremos, el hombre puede tener con mucha mayor rapidez los frutos ó los productos útiles que tardaría en conseguir por la reproducción normal.

No vamos á detallar los diversos procedimientos de multiplicación vegetativa que se utilizan en jardinería y arboricultura para la obtención de nuevos individuos; pero los mencionaremos, recordando que todos ellos se basan en el principio de la más rápida obtención de abundante cantidad de alimentos para el miembro que se quiere individualizar y que á esa rápida obtención se llega por la formación de raíces adventicias ó por la unión del sistema vascular del miembro á individualizar con el de un individuo ya arraigado.

Esos diversos medios de multiplicación pueden reducirse á tres: el procedimiento por *estaca* ó *gajo*, el procedimiento por *acodo*, con todas sus variedades y el procedimiento por *injerto*.

La multiplicación por estaca ó gajo constituye un medio tan vulgar para la obtención de nuevos individuos vegetales, que no exige una descripción. Se pueden multiplicar por gajo las plantas que poseen suficientes reservas en sus tallos como para dar tiempo á que se formen, en la extremidad plantada, raicillas adventicias en cantidad suficiente para asegurar la autonutrición del nuevo individuo.

El procedimiento por *acodo* difiere esencialmente del anterior porque la rama elegida para la individualización no es desprendida de la planta madre hasta que no se han originado las raices necesarias. Los procedimientos por acodo son muy variados y se refieren tanto al acodo propiamente dicho, por el que se cola alrededor de la rama elegida un tiesto ó vasija con tierra húmeda, previa ligadura ó corte anular de la rama, para que la acumulación de savia elaborada origine nuevas raíces, como á los procedimientos que los franceses denominan *marcottage* y que consisten en doblar las ramas de diversas maneras y sujetarlas en el suelo alrededor de la planta madre hasta que se hallan formado las respectivas raicillas.

En los procedimientos por injerto se trata de obtener individuos más fuertes ó variedades, provocando la íntima unión de una rama ó yema de una planta, con un tallo de otra planta, comunmente de la misma especie. En jardinera se utilizan múltiples procedimientos de injerto cuya descripción no es de este lugar.

69.—La reproducción sexual.—En las Talófitas.—En las Talófitas se observan todas las formas de la reproducción sexual y de una manera tan variada que es difícil someterlas á una descripcion general.

Desde la simple conjugación celular de gametas isógamas, hasta la reproducción heterogámica más avanzada, con anterozoides y oósferas bien diferenciados y producidos y contenidos en órganos especiales, existen todos los intermediarios.

En general, puede decirse que aunque bajo muchos puntos de vista las Algas son inferiores á los Hongos, bajo el punto de vista de la reproducción se distinguen por poseer la mayor parte de ellas reproducción por huevos que en los Hongos constituye la excepción.

La simple conjugación isogámica, con gametas poco ó nada diferenciadas, se observa en las dos clases en que las Talófitas se dividen.

Cualquiera que sea la forma de origen de los huevos ó sea, del resultado de la fusión de ambas gametas, la suerte ulterior de esos huevos es variable: pudiendo algunos; regenerar directa é inmediatamente al vegetal, pasando otros, un tiempo de vida latente, ó, por fin, aproximándose á la forma de reproducción alternante de las *Muscíneas* y *Criptógamas vasculares* y dando origen, por consiguiente, á generaciones asexuales intermediarias.

La conjugación de las gametas isogámicas no siempre se realiza, y así suelen formarse especies de esporos (*zigosporos*), cuyo origen reside en una gameta que por una circunstancia cualquiera no ha llegado á conjugarse con una de sus congéneres. En otros casos se forma un nuevo elemento que goza de todos los caracteres de un verdadero huevo y aunque la conjugación no se haya efectuado (*partenogénesis*).

Como se ve la diferencia entre las dos gametas á conjugarse no puede ser muy profunda.

El estudio de la reproducción de las Talófitas por gametas isogámicas está destinado á desaparecer. Todo hace creer que si dos células se conjugan para formar una tercera dotada de propiedades distintas, lo hacen con el fin de completarse; que una tiene lo que á la otra le falta. Por lo que es de suponer, que, cuando lleguemos á poseer medios de investigación bastante poderosos, podremos demostrar que entre dos células que se conjugan para originar una tercera, hay siempre alguna diferencia que nuestros pobres métodos de observación no pueden aun descubrir.

Hasta que no se pruebe lo contrario, hay, pues, que admitir una reproducción isogámica en las Talófitas.

La conjugación celular puede hacerse por la reunión de las células vegetativas de la planta (*Spirogyras*), ó bien por la fusión de células especiales que se desprenden del cuerpo del vegetal que les dió origen para conjugarse fuera de él (*Hydrodiction utriculatum*), ó bien, en las Talófitas de estructura continua, puede observarse una simple conjugación entre las extremidades de dos ramificaciones del talo, aunque hay siempre un tabi-

camiento previo para dar origen á dos células destinadas á fusionarse. (Véase la reproducción por huevos del *Mucor mucedo*).

Las formas de reproducción sexual heterogámica se encuentran también en las dos clases en que se dividen las Talófitas; pero alcanza su máximo grado de desarrollo y perfeccionamiento en las Algas (algunas *Florídeas*, cuyas formas de reproducción tienen grandes puntos de contacto con la de las *Muscíneas*).

En su forma más rudimentaria la reproducción sexual heterogámica no es más que un grado más elevado de la isogámica. Entre las mismas *Conjugadas*, algas que como su nombre lo indica, se reproducen por conjugación celular, suele observarse la diferenciación de las gametas, por la diversa estructura y disposición de los contenidos celulares, por el tamaño, ó bien, por la situación que ocupan unas y otras.

En la verdadera heterogamia las gametas masculinas, que se denominan *anterozóides*, son comunmente móviles y las femeninas ú oósferas fijas; con la salvedad, empero, de que en las más elevadas formas de heterogamia, tales cuales las que ostentan algunas *Florídeas*, los anterozóides son también fijos. (Véase en el 2º tomo la reproducción de los *Nemalion*).

Los anterozóides son comunmente móviles, y por consiguiente, están desprovistos de membrana celulósica. Sus formas son muy variadas y efectúan su locomoción por simples movimientos ameboidales (en las especies isogámicas como las *Spírogyras* entre las Algas y los *Mucor* entre los Hongos), ó bien, están dotados de pestañas ó cilias vibrátiles en número variable y por medio de las cuales efectúan su locomoción: asi se observa en muchas Algas y solo en el género *Monoblepharis* entre los Hongos. En las Algas los anterozóides pestañados son muy parecidos á los zoosporos, de los que se distinguen esencialmente por su suerte ulterior.

En cuanto al origen de los anterozóides, tiene siempre lugar en el interior de células especiales que se denominan *anteridios*, que se distinguen poco ó mucho, del resto de las células vegetativas y que producen sus anrozóides ó células hijas por formación libre interna ó por simple renovación celular.

Los anterozóides se originan comunmente en mucho mayor número que las células femeninas; más adelante veremos que es ley general para todas las formas de reproducción sexual la superabundancia de elementos masculinos.

En cuanto á la *oósfera* ó célula femenina es siempre fija, pudiendo encontrarse en la planta que la produce, y en tal caso el anterozóide tendrá que penetrar dentro de la planta, ó bien, como se observa en el el *Fucus vesiculosus*, las oósferas se desprenden de la planta madre y la fecundación se hace afuera.

Las oósferas están comunmente desprovistas de membrana celulósica, hasta que la fecundación se ha efectuado y se han transformado en *huevos*.

Cada *oógonio* ó celula madre de las oósferas produce comunmente una sola célula hija, por los mismos medios que los anteridios originan anterozóides. En el *Fucus vesiculosus* cada oógonio encierra en su interior ocho oósferas.

Una vez que la conjugación de las dos gametas se ha efectuado se constituye el *huevo;* que es, pues, el resultado de la íntima fusión de dos elementos celulares distintos y que goza desde ese instante de caracteres propios. La fusión se hace homogeneamente: protoplasma con protoplasma y núcleo con núcleo. El huevo se envuelve en una membrana más ó menos resistente; lo que quiere decir que puede ser simplemente celulósica, como en muchas *Conjugadas* ó llegar á ser muy espesa y de consistencia cartilaginosa como en los *Mucor*.

El huevo no llega á tener un volumen igual á la suma de los volúmenes de las dos gametas, lo que se debe á una contracción protoplasmática con una correlativa pérdida de agua.

La suerte ulterior del huevo es variable. Puede entrar en vida latente y permanecer en ese estado durante un cierto espacio de tiempo, ó bien, germinar enseguida hasta producir un nuevo individuo.

El resultado de la germinación del huevo varía también. En las Talófitas más inferiores el huevo origina por tabicamientos sucesivos un individuo análogo al que le dió origen; lo que se expresa diciendo que el desarrollo es *directo;* y en las más elevadas, el nuevo individuo se desarrolla *indirectamente*, puesto que el huevo da primero origen á una generación asexual, más ó menos desarrollada y de los esporos de esta generación es que se originan los nuevos individuos sexuales. No hacen las *Talófitas* más que esbozar, la forma de reproducción que constituye la regla en las *Muscíneas* y *Criptógamas vasculares.*

Fig. 118 — Plantita completa de musgo (*Polylrichum commune*)—*rh*, rizoides—*s*, seda ó pedúnculo de los esporogonios—*ap*, el esporangio con la caliptra ó cofia —*d*, otro esporangio sin cofia y mostrando el opérculo (*Strasburger*).

7O —La reproducción de las Muscíneas.—En las *Muscíneas* la reproducción es *alternante* y lo que principalmente la caracteriza, es

que á un ciclo sexual y bien desarrollado sucede un ciclo asexual y talomático. Por un lado, forma más elevada de reproducción en cuerpo vegetativo más elevado: por el otro, cuerpo vegetativo inferior con forma de reproducción también inferior. Es precisamente la inversa de lo que pasa en las *Criptógamas vasculares*.

Las *Muscíneas* mejor desarrolladas púeden ser *cormófitas*, lo que quiere decir que poseen un tallo y hojas, aunque las verdaderas raíces faltan. En los *Musgos*, una de las dos clases en que se dividen, la estructura de la planta adulta es esa. En las *Hepáticas* es más rudimentaria, y en la mayor parte de ellas se aproxima mucho á la de las Talófitas; pero cualquiera que sea, esa estructura es siempre más elevada que la de la planta que de ella se derivará.

Esta generación cormófita ó adulta de la muscínea posee una reproducción sexual, la que se efectua por intermedio de gametas sexuales que se originan en órganos especiales: gametas masculinas ó *anterozóides* en los *anteridios* y gametas femeninas ú *oósferas* en los *arquegonios*.

Esos órganos, anteridios y arquegonios, tienen un origen epidérmico. En la primera fase de su desarrollo se ve á una célula epidérmica diferenciarse de las vecinas y tabicarse dos ó más veces hasta constituir los respectivos órganos.

No entraremos aquí en los detalles del desarrollo, baste que se sepa que una vez llegados á su madurez los anteridios están constituidos por cuerpos ovoides, elipsoidales ó esferoidales que tienen sus paredes constituidas por una sola planicie celular de células aplanadas, análogas á las epidérmicas. En su interior se diferencian otras células esferoidales ó poliédricas, que son las células madres de los anterozoides. Cada una de ellas dará origen á un anterozoide alargado y con dos pestañas vibrátiles.

En cuanto á los oogonios, son *lageniformes* ó en forma de botella. y poseen, por consiguiente, una parte inferior más ancha, que se denomina *vientre* del arquegonio y una parte terminal alargada denominada *cuello*. Sus paredes están formadas lo mismo que las de los anteridios por una simple planicie celular de células poliédricas, y en su interior se originan dos células de desigual tamaño; de las cuales, la inferior y más grande es la célula ovular ú oósfera y la superior, que está destinada ulteriormente á tabicarse para formar nuevas células se denomina *célula del canal*.

Los anterozoides y las oósferas se diferencian sexualmente, aparte de sus distintas formas, por el hecho de que sus sustancias nucleares poseen un número de cromosomas que es justamente la mitad del que poseen el resto de las células vegetativas de la misma planta.

Ahora bien, una vez maduros anteridios y arquegonios se efectúa

su dehiscencia por el mecanismo común de hidrataciones desiguales y gelificación de membranas, en cuyos detalles no podemos entrar.

Los anterozóides salen de los anteridios envueltos aún en espiral y contenidos en la membrana de la célula madre, de la que escapan por fin, permitiéndoles ejercer sus funciones locomotivas en el ambiente líquido en que se encuentran (contenido mucilaginoso de los anteridios, agua que baña á las hojas que rodean á estos órganos, etc). Cuando los anterozóides encuentran un arquegonio maduro penetran por su extremidad libre y atraviesan todo el cuello, á través de la sustancia mucosa que lo rellena y que es producto de la gelificación de las células del canal.

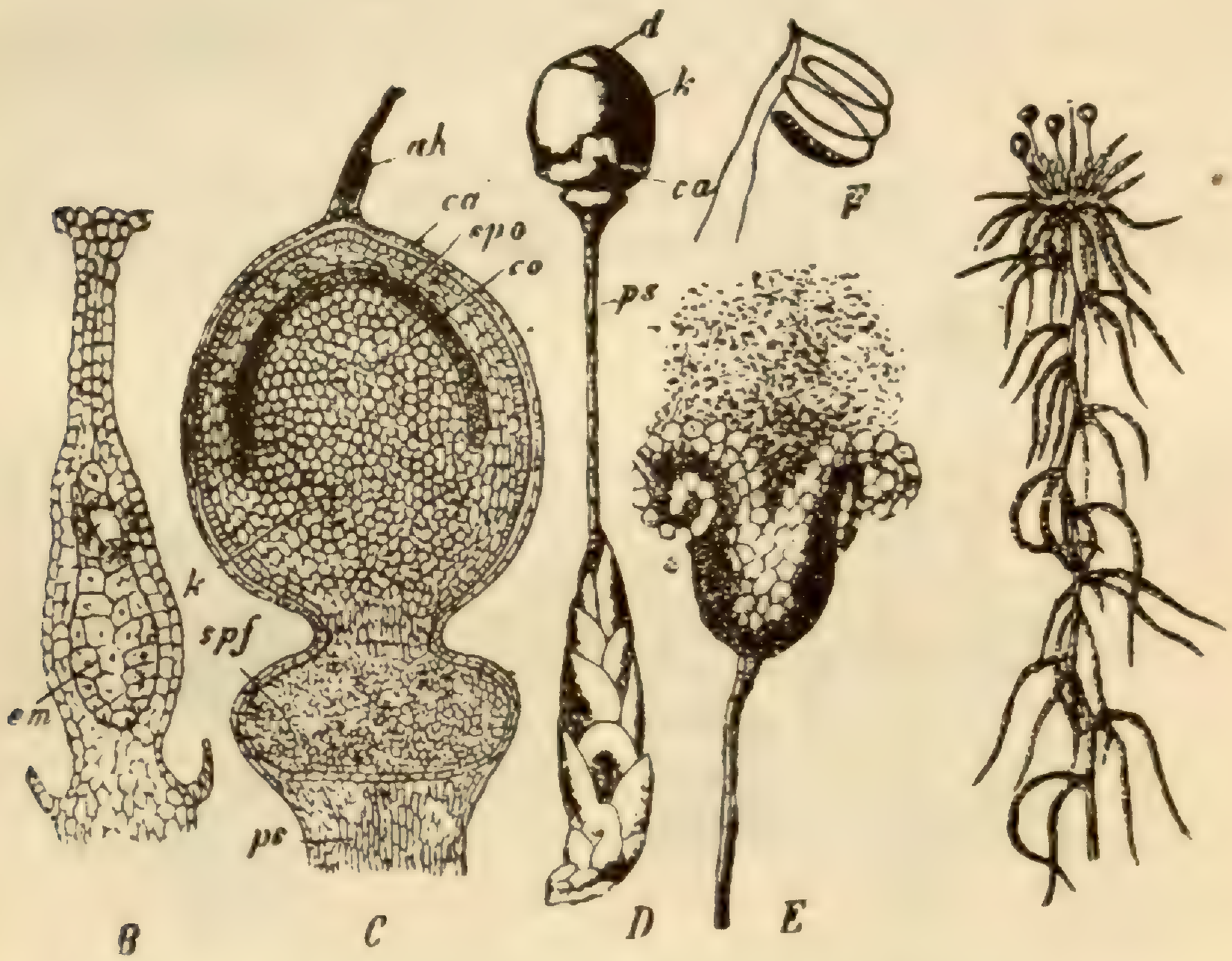


Fig. 119 – Detalles de la organización de las *Muscineas* (varias especies del género *Sphagnum*)—*A*. Una planta completa. En la parte superior varios esporogonios—*B*. Corte longitudinal de un arquegonio después de la fecundación: en *em* se ve la formación del embrión que proviene de las divisiones del huevo y que originará el esporogonio —*C*. Corte longitudinal de un esporogonio joven; *sp*, *f*, pie del esporogonio; *k*, urna; *co*, columela; *ca*, cofia ó resto de la pared del arquegonio; *ah*, cuello del arquegonio; *spo*, cavidad del esporangio llena de esporos. — *D*. Esporogonio maduro en la extremidad de una rama. — *E*. Un anteridio en dehiscencia dejando salir los anterozóides. — *F*. Un anterozoide aislado y muy aumentado. (*Schenck*).

Finalmente, encuentran á la oósfera y se conjugan: con cada oósfera un anterozóide.

Una vez efectuada la fusión ó complementación de dos vidas, se

constituye el *huevo*, el que empieza por envolverse en una membrana celulósica para erigirse en célula completa.

El huevo se divide repetidas veces y constituye un pequeño órgano verde y alargado formado por células iguales: pero que muy pronto se diferencian para constituir la segunda generación de la muscinea, la que es talomática siempre y asexual por su reproducción: el *esperogonio*.

El esporogonio consta de diversas partes: más ó menos abundantes y complicadas, según que se trate de *Hepáticas* ó de *Musgos;* pero siempre posee una parte esencial que es la *cápsula esponrangífera ó esporangio*.

El esporangio diferencia asexualmente y por simple bipartición un número variable de *esporos*. Los esporos en su madurez están constituidos por una doble membrana de cubierta que se denominan *intína* ó *endosporia* la más interna y *exina* ó *exosporia* la externa y que encierran protoplasma granuloso.

Los esporos abandonan las cápsulas esporangíferas y cuando encuentran medio adecuado y, á veces, después de un tiempo más ó menos

Fig. 120—Detalles de una hepática (*Marchantia polymorpha*)— A la izquierda una plantita femenina; *r*, receptáculo que lleva los anteridios —A la derecha planta masculina; *r*, receptáculo que lleva los anteridios — *B*, propágulas— *d*, corte longitudinal de una propágula con sus yemas —*e*, una yema aislada. (Véase el 2° tomo: *Muscíneas*)—(*Wiesner*).

largo de vida latente engendran el vegetal adulto y sexual, del cual partimos.

Esa generación no se produce, sin embargo, directamente, sino que el esporo produce en primer lugar un órgano más ó menos rudimentario que se denomina *protonema* y el que después de tabicarse varias veces hasta estar constituido por un número de células, variable según la especie considerada, forma sobre su mismo cuerpo y por simple brotación una ó más plantas adultas.

Esta es, en pocas palabras, la forma de reproducción alternante que se observa en las Muscíneas; descontando muchos detalles de estructura y organización que tendrán su descripción en la parte especial.

71. La reproducción de las Criptógamas vasculares — Las *Criptogamas vasculares* poseen también una reproducción alternante muy manifiesta y que junto con el carácter de la existencia de raíces y tejido fibro-vascular, constituyen los dos rasgos más salientes de la caracterización de este grupo.

Hemos dicho que la reproducción alternante de estos vegetales se hace en una forma inversa á la de las *Muscíneas;* y, en efecto, en las *Criptogamas vasculares* la generación *cormófita* ó adulta, la que posee verdaderas raíces, tallos, hojas y tejido fibro-vascular es la *esporófita* ó de reproducción asexual y la generación talomática, denominada *protalo* es la sexual: la que origina anteridios y arquegonios.

La marcha general del proceso de la reproducción en todas las Criptógamas vasculares es muy parecida. Se establecen diferencias, sin embargo, entre las distintas clases de la agrupación según que se origine una sola clase de esporos (*isospóreas*) ó dos (*heterospóreas*). Las Criptógamas vasculares isospóreas pueden considerarse como más inferiores y las heterospóreas más elevadas y con grandes puntos de contacto con las *Fanerógamas* y sobre todo con las *Gimnospermas*.

Recordaremos que el encadenamiento entre los diversos grupos, referente á las funciones de reproducción, es muy marcado: las *Talófitas* se relacionan con las *muscíneas* por intermedio de las *Florídeas;* las *muscíneas* más elevadas con las Criptógamas vasculares *isospóreas*, y las mejor constituidas de éstas, ó sea, las *heterospóreas* están íntimamente relacionadas con las *Gimnospermas*, que se consideran como las menos elevadas de las Fanerógamas.

Describiremos primeramente las particularidades de la reproducción en las isospóreas, á las que pertenecen, entre otros, el orden de los *Helechos* y la familia de las *Licopodiáceas*, continuaremos con la descripción de la reproducción en las *heterospóreas*, cuyas particularidades haremos también resaltar.

En una Criptógama vascular isospórea los órganos de la reproducción están constituidos por cápsulas denominadas *esporangios*, que encierran en su interior á los *esporos*. Los esporangios se agrupan de diversas maneras, según la familia que se considere: en muchos *Helechos* se agrupan en la página inferior de las hojas, próximos á las nervaduras y esas agrupaciones, que pueden ó no, ir protegidas por una membrana de origen epidérmico denominada *indusio* constituyen lo que se denominan *soros*. En otras Criptógamas vasculares, los esporangios ó cápsulas

esporangíferas se encuentran agrupadas en regiones especiales, como se observa en las *Ofioglóseas* y en las *Licopodiáceas*.

Los esporangios, que tienen también un origen epidérmico, se abren á su madurez por un mecanismo análogo al de la dehiscencia de las anteras; sobre todo en los helechos vulgares en los que cada esporangio posee un *anillo* formado por células que han esclerificado sus paredes de una manera desigual, lo que les permite una desigual hidratación y por consecuencia el enderezamiento del arco ó anillo que forman y la correlativa apertura de la cápsula.

Cuando los esporangios se abren, los esporos quedan en libertad. Un esporo de una Criptógama vascular es una célula de forma tetraédrica, reniforme ó esferoidal, que posee una doble membrana de cubierta y un contenido protoplasmático granuloso y abundante.

Cada esporo al germinar origina un *protalo*: segundo ciclo de la reproducción; ciclo *talomático* y *sexual*. Los protalos son comunmente muy pequeños, aunque de una manera general puede decirse que son más desarrollados ó menos rudimentarios que en las heterospóreas. Un protalo de un helecho está constituído por una simple planicie de células que poseen abundante cantidad de cloroleucitos. En ciertas regiones del protalo se forman pelos chupadores ó rizoides que aseguran la nutrición de la pequeña planta. En las Licopodiáceas el protolo es un simple cuerpecito cónico ó cilíndrico, que solo posee unos cuantos rizoides.

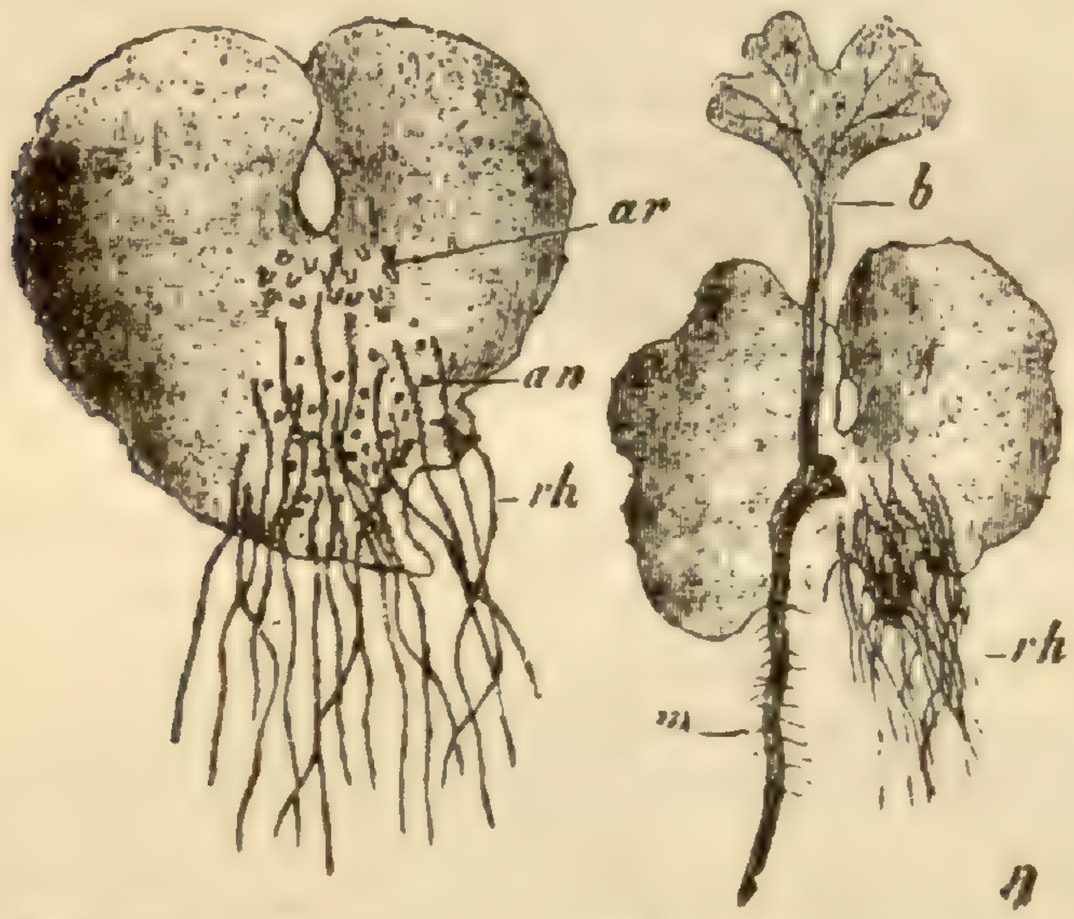


Fig. 121—Protalos de helecho macho (*Aspidium filix mas*)—Aumento 8 veces.—A la izquierda un protalo entero visto por la cara ventral; *ar*, arquegonios; *an*, anteridios; *ra*. rizoides. A la derecha una plantita en vía de desarrollo por la división del huevo; *b*, la primera hoja; *x*, la raiz; *rh*, rizoides del protalo. (*Schenck*).

Pues bien, sobre este cuerpo rudimentario, de dimensiones exiguas (½ centímetro en el helecho macho — *Aspidium filix mas*), se desarrollan órganos de la reproducción sexual: anteridios en mayor número y arquegonio en escasa cantidad, (á veces uno solo). Tanto los anteridios como los arquegonios se originan á espensas de una de las células superficiales que constituyen el protalo.

Un anteridio en su madurez es un cuerpo ovoide ó ligeramente capitulado que forma pequeña eminencia sobre la superficie del protalo y que ha diferenciado en su interior gran número de *células madres de los an-*

terozóides. Esas células originan á los anterozóides del mismo modo que en las Muscíneas; lo que quiere decir que cuando el desarrollo es completo un anterozoide está formado por un filamento ó cuerpo retorcido, en forma de tirabuzón, y formado á expensas del núcleo de la célula madre, y un manojo de cilias ó pestañas vibrátiles, las que junto con la cabeza en donde se insertan se han desarrollado á expensas de una parte del protoplasma de la célula madre.

Los arquegonios tienen forma de botella; pero dejan casi siempre profundamente hundido en el cuerpo del protalo su parte fértil ó vientre; para lo cual muchos protalos poseen su parte media una región más engrosada denominada *almohadilla*, que es donde se originan los arquegonios.

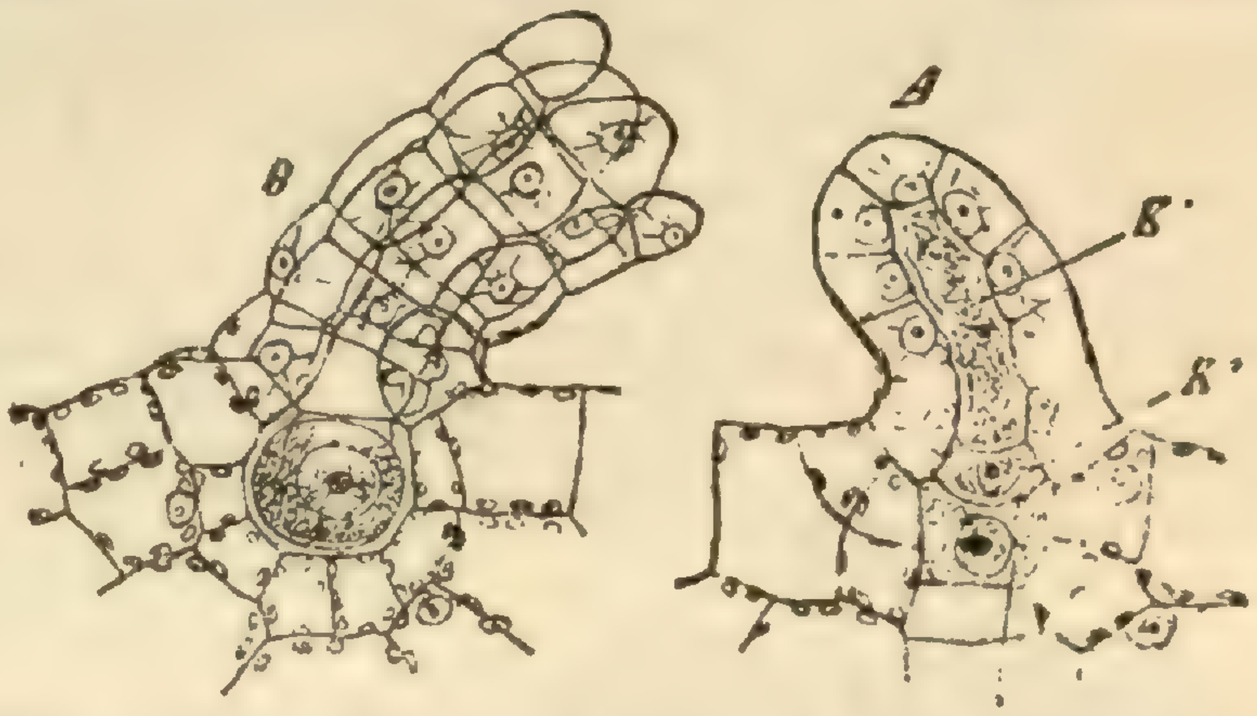


Fig. 122.—Arquegonios de *Polypodium vulgare*. *A* arquegonios maduros; *K K'*, células del cuello y del vientre; *O* oósfera; *B* arquegonio maduro y abierto. (Schenk).

Los arquegonios dan origen á la oósfera: una para cada uno y como en las *Muscineas* se efectúa una gelificación de membranas, cuando el momento de la madurez se aproxima, que da por resultado final un desgarramiento de la parte terminal del órgano femenino y la producción de abundante cantidad de mucílago, que llena la cavidad del canal del arquegonio y vá á facilitar la entrada del elemento fecundante.

Como que los protalos se encuentran en la tierra húmeda y que los órganos de reproducción se desarrollan en la cara que toca al suelo, se comprende que nunca falte la cantidad de agua que los anterozóides necesitan para ejercer sus funciones de locomoción y que les permite acercarse á los arquegonios, penetrar dentro de su cuello é ir en busca de la oósfera.

La oósfera que tiene una delicada membrana celulosa, gelifica esa membrana hacía la parte por donde se presentará el elemento masculino. La conjugación se efectúa y queda constituído el *huevo*, que se reviste de una membrana celulósica y comienza á tabicarse, dando origen por dos biparticiones, á cuatro células, que serán á su vez las que originarán al *suspensor* al tallo, á la raíz y á las hojas.

El suspensor es una especie de puente que establece comunicación entre la plantuela en vía de desarrollo y el protalo, en cuyo arquegonio se ha originado. La plantita crece aprovechando las sustancias nutriti-

vas contenidas en las células del protalo, hasta consumirlas por completo, ó, hasta que su raíz haya alcanzado suficiente desarrollo como para asegurar la vida independiente.

Y hemos llegado á la segunda generación de la criptógama vascular, que es cormófiita, porque posee tallos, hojas y raíces y es asexual, porque se reproducirá nuevamente por esporos.

En cuanto á las *Criptógamas vasculares heterósporeas* su desarrollo y reproducción sólo difieren por la existencia de dos clases de esporos, que originan protalos dióicos: unos femeninos, que solo poseen arquegonios y otros masculinos que únicamente originan anteridios.

Los individuos adultos ó cormófitas de las heterospóreas originan sus esporangios en regiones especiales: ora en ramas terminales, ora en las axilas de las hojas, ó, por lo menos, más ó menos próximos á estos órganos, de los cuales dependen. En las heterospóreas de los esporangios se encuentran envueltos ó protegidos comunmente por una especie de indusio cerrado, y si á esto se agrega que un cierto número de hojas bracteales acompañan casi siempre á las cápsulas esporangíferas, se comprenderá fácilmente la razón del nombre de *carposporangios* que algunas veces se les dá, por su parecido morfológico con los frutos de las Fanerógamas.

Fig. 123.—*Carposporangios* ó *esperocarpos* de una Filicínea heterospórea *(Salvinia natans)*. A la izquierda macrosparangios; á la derecha y en el centro microsporangios.

Ahora bien, vecinos entre sí ó más ó menos separados se forman dos clases de carposporangios; unos que encierran macrosporangios en muy corto número y otros que contienen microsporangios en gran número.

Los macrosporangios diferencian en su interior una sola célula bastante grande que se denomina *macrosporo* y los microsporangios producen tetradas de *microsporos*.

Los macrosporos al germinar producen protalos que sólo tienen arquegonios y los microsporos producen protales con anteridios. — El resto de la evolución es más ó menos como la de las isospóreas; teniendo en cuenta, sin embargo que el protalo masculino desaparece, una vez que sus anterozóides han abandonado á los anteridios y que los protalos femeninos, aunque muy rudimentarios, alimentan con su propia sustancia á las plantitas jóvenes.

En las *Equisetáceas*, otra de las clases en que se dividen las *Criptógamas vasculares*, sólo se forman una clase de esporos, en regiones especiales y con brácteas típicas, y, á pesar de que el aspecto de esos esporos únicos es muy parecido, al germinar producen unos, protalos

masculinos y otros femeninos. Por eso decíamos que las *Equisetáceas* eran intermediarias entre las isospóreas y las heterospóreas.

Se conocen Equisetíneas fósiles que fueron francamente heterospóreas.

72. La reproducción de las Fanerógamas.--En las Fanerógamas es donde la reproducción sexual llega á su máximo grado de perfeccionamiento y aún en ellas se puede observar diferencias de formas entre las dos clases que las constituyen: Gimnospermas y Angiospermas; pareciéndose mucho la reproducción de las primeras á la de las Criptógamas vasculares heterospóreas. Pero como las diferencias entre la reproducción de Gimnospermas y Angiospermas, no se refieren á lo más esencial, se comprende que en la descripción que vamos á hacer nos referamos casi exclusivamente á las Angiospermas, dejando para la parte especial las muy interesantes particularidades que las Gimnospermas presentan en su reproducción, tanto desde el punto de vista morfológico cuanto del fisiológico.

Los fenómenos de la reproducción en las Fanerógamas-Angiospermas son bastante complejos, y de acuerdo con el alto grado de organizacion que han alcanzado; sucesivamente, los diversos actos de la reproducción se efectúan en este orden: *polenización*, *germinación del polen*, *conjugación de las gametas* y, por fin, *formación dél embrión del endosperma*. Vamos á estudiar esos diversos puntos por su orden.

73. Polenización.—Es el acto por medio del cual el polen ó elemento masculino llega á ponerse en contacto con el estigma ó parte terminal del pistilo. La polenización puede ser *directa* ó *indirecta*, *natural* ó *artificial*.

La polenización es directa cuando el polen de una flor hermafrodita fecunda á los óvulos de la misma flor.

La polenización es indirecta cuando el polen de una flor unisexual ó hermafrodita fecunda á los óvulos de otra flor, de la misma planta ó de otra.

Se dice que la polenización es natural cuando se efectúa por los solos medios naturales, sin intervención de la mano del hombre.

Y, por último, la polenización es artificial cuando la efectúa el hombre con algún fin especulativo.

POLENIZACION DIRECTA.—La polenización directa solo se observa en las flores hermafroditas que tienen sus órganos de tal manera dispuestos que la caída del polen, al sobrevenir la dehiscencia de la antera,

se hace necesariamente sobre el estigma. Se hace también directa la polenización, cuando se trata de flores de estambres *irritables* (*Ruta*, *Berberis*, etc.), los cuales se aproximan al estigma y depositan su carga de polen por una inflexión del filamento. Es también directa la polenización en el caso de las flores *cleistógamas*, que son aquellas que como las violetas (*Viola odorata*), producen en cierta época de la vegetación yemas florales abortivas ó que no llegan al estado de flor perfecta; pero que aún con su aspecto de botones tienen sus órganos de generación perfectamente desarrollados, como para permitir que los granos de polen germinen *in situ* y perforando las paredes de las anteras y del ovario lleguen á los óvulos.

A pesar de que el número de flores hermafroditas es mucho mayor que el de las unisexuales, la polenización directa es poco frecuente, porque á ella se oponen diversas circunstancias que vamos rápidamente á analizar.

POLENIZACIÓN INDIRECTA. — Se efectúa entre flores hermafroditas cuyas condiciones morfológicas ó fisiológicas impiden la polenización directa y entre flores unisexuales.

Hay flores hermafroditas que tienen sus órganos de tal manera dispuestos que la polenización tiene que ser en ellas necesariamente indirecta. A esta categoría pertenecen la mayor parte de las que poseen anteras extrorsas, en las que la dehiscencia de estos órganos se hace hacia afuera. Tratándose de flores erguidas, que tienen largos estilos, mucho más largos que los estambres (*dolicostíleas*) la polenización no puede ser directa porque las anteras dejan caer el polen al pié de sus filamentos; y vice-versa, si la flor es péndula y los estambres son mucho más largos (*braquistíleas*), cuando las anteras se abren el polen cae al exterior.

Pero no son esas únicamente las causas que impiden que la polenización sea directa en las flores hermafroditas: es importante también la *dicogamia*, ó sea, la madurez de uno de los ciclos de la flor antes que el otro esté en condiciones de llenar sus funciones.

La forma más común de dicogamia es la *protandria*, en la que los estambres que constituyen un ciclo más exterior, se desarrollan y maduran primero; de tal manera, que cuando sobreviene la dehiscencia el polen no puede fecundar á los óvulos de la misma flor porque el ciclo femenino no ha alcanzado aún su completo desarrollo. Cuando el ciclo que más precozmente se desarrolla es el femenino (caso poco frecuente), se dice que hay *protoginia* y la polenización tiene que ser como en el caso anterior forzosamente indirecta.

En cuanto á las flores unisexuales, ya sean pertenecientes á plantas

monóicas ó dióicas, fácil es comprender pue siempre se polenizan indirectamente.

Se dice que la polenización indirecta es *cruzada* cuando el polen proviene de otra planta.

Polenización indirecta natural.—Es la que se efectúa por intermedio del viento, de las corrientes de agua ó de los insectos y pájaros.

La polenización indirecta natural constituye uno de los puntos más interesantes del estudio de las armonías de la naturaleza y que ha obligado á que le presten su atención, sabios tan eminentes como Darwin, que ha sido él que más profundamente y con mayor minuciosidad ha realizado múltiples experimentos que nos suministran muchos datos interesantes respecto al punto en estudio.

Las plantas que confían al viento sus granos de polen se denominan *anemófilas* y comunmente tienen sus órganos dispuestos de tal manera que cuando la dehiscencia de las anteras se produce, el viento puede materialmente barrerlas y arrastrar á todos ó á la mayor parte de los granos. Por otra parte los granos de polen se producen en estos casos en gran abundancia para proveer al enorme desperdicio que de ellos se hace, confiados á una fuerza tan ciega como la del viento. En algunas plantas, como se ve en las *Coníferas*, los granos de polen llevan organúsculos accesorios que disminuyen su densidad, ó que dán mayor asidero al viento para que los arranque de su primitiva prisión y los arrastre hasta que encuentren un órgano femenino en que posarse. Son plantas anemófilas, entre muchas otras, las ya citadas *Coníferas*, muchas *Graminaceas*, las *Salicáceas*, etc.

Las corrientes de agua permiten la polenización indirecta de muchas plantas qne en ese medio vejetan. Constituye el ejemplo clásico de polenización indirecta por corrientes de agua el que nos suministra una monocotiledónea de la familia de las *Hidrocaridáceas:* la *Vallisneria spiralis*, planta dióica sumergida, cuyas flores masculinas, aún en estado de botón, se desprenden de sus respectivos pedúnculos y asciendan hasta la superficie del agua, en donde se efectúa la antesis y la dehiscencia de las anteras. El polen que de estas escapa es arrastrado por las corrientes acuáticas hasta encontrar á una flor femenina, la que ha llegado también á la superficie merced á un alargamiento de su pedúnculo que es espiralado. Cuando la flor ha sido fecundada las vueltas de espira del pedúnculo se aproximan y la flor vuelve á sumergirse para realizar todos los fenómenos de la fructificación en el seno de las aguas.

Pero el más frecuente medio de polenización indirecta es el que se

efectúa por intermedio de los animales, sobre todo insectos, aunque en nuestra América tropical hay pájaros que pueden también efectuarla.

Los insectos y los pájaros visitan las flores para robarles el néctar y al efectuar sus pesquisas con ese fin, revuelven con sus cabezuelas las partes florales, de tal manera que al abandonar la flor llevan su carga de polen que irán á depositar en otra flor, en la que vayan á efectuar la misma operación.

La armonía entre flor y animal es tan grande que hay flores que tienen confiada su polenización á un insecto ó á un pájaro de una especie determinada, porque la organización floral y la de los órganos del animal se adaptan perfectamente unos á otros. Las plantas que se polenizan por las visitas de los insectos se denominan *entomófilas*.

El conocimiento de las particularidades de la polenización indirecta y sobre todo la de las plantas entomófilas nos llevaría más lejos que lo que los límites de estos apuntes nos lo permiten. Baste recordar que antes que *Darwin* ya *Sprengel* (1793) había observado el importante papel que los insectos desempeñaban en esta función; pero ha sido sobre todo *Darwin* (1862) el que ha hecho estudios màs completos y el que ha dejado bien demostrado que este medio de polenización era mucho más frecuente de lo que se creía.

Los insectos visitan las flores atraídos por sus perfumes, por sus colores ó en busca de alimento que les suministra no solo el néctar, sino también los mismos granos de polen de los que algunas especies son muy golosas.

Los insectos que más se señalan como factores de polenización son las abejas y avispas, mariposas, moscas y mosquitos, etc., y en las flores tropicales desempeñan muy frecuentemente esas funciones muchos *colibrís* (entre nosotros: *picaflores*).

POLENIZACIÓN ARTIFICIAL.—En la efectuada por la mano del hombre con fines experimentales, como para la obtención de nuevas variedades, ó con fines comerciales para asegurar, por ejemplo, una mayor cosecha de frutos.

Bajo este último punto de vista el ejemplo que es también clásico nos lo ofrecen los indígenos del Norte de Africa que desde mucho tiempo atrás practican la polenización artificial del datilero (*Phœnix dactylifera*). La palmera que suministra los dátiles es dióica y anemófila; si los cuidados de la polenización fueran únicamente confiados al viento, gran cantidad de flores femeninas quedarían sin fecundarse y, por consiguiente, sin producir otros tantos frutos. Para evitar esa pérdida es que se efectúa la polenización artificial, para lo que basta cortar las inflorescencias masculinas maduras y con sus anteras en dehiscencia y sacudirlas sobre las inflorescencias femeninas, obteniéndose así mucha mayor cantidad de frutos.

74. Germinación del polen.—Cualquiera que sea el medio por el cual se haya efectuado la polenización, el resultado de ella es la llegada de uno ó más granos de polen al estigma ó región terminal del pistilo (hablamos solo de las Angiospermas). Ahora bien, como se recordará, hemos dicho que la superficie de este órgano es siempre escabrosa, presentando diversas formas de papilas ó eminencias y que se encuentra en su madurez humedecida por un líquido especial; si á esto se agrega que los granos de polen ostentan casi siempre una exina también escabrosa, se comprenderá fácilmente que el grano que cae en un estigma, dificilmente se escapa.

Pues bien, cuando las condiciones de humedad y de temperatura son favorables, el grano de polen germina; para lo cual comienza por absorber agua, de la que le suministra la misma superficie estigmática sobre la que descansa. La absorción se efectúa por medio de los poros ó pliegues, ó partes más adelgazadas que la exina, impermeable en el resto de su superficie, tiene.

El protoplasma del grano de polen reactiva su vida por la llegada del agua y crece ó se hincha, acompañándolo en el crecimiento la íntina ó membrana celulósica más interior. Como la exina es inextensible y muy resistente el contenido del grano trata de fraguarse un paso por las partes más débiles, lo que consigue al fin, escapando por uno ó más de los pliegues ó poros de la exina.

Aunque el escape del protoplasma, envuelto en la intina, se haga por varios poros, pronto se vé que solo uno de ellos es el que libra franco pasaje á un tubo más alargado que los otros y que constituirá el *tubo ó hilo polenico.*

Ese hilo polénico penetra por entre los intersticios de las papilas estigmáticas y atraviesa con mayor ó menor facilidad el tejido conductor del estilo: con mayor facilidad si este órgano es hueco y separando las células que han gelificado sus membranas, si el estilo es sólido. A través de este desfiladero, el hilo polénico se nutre á expensas de los productos que le suministran la gelificación de las membranas de las células del tejido conductor; y es esa la razón que explica como el contenido de un solo grano de polen, organismo tan pequeño, pueda llegar á tener en muchos casos, y una vez estilado el hilo polénico, una longitud relativamente tan grande.

Ese paso del tubo polénico á través del estilo se hace en plazo más ó menos largo, según las mayores ó menores dificultades que el tejido conductor le oponga y según la mayor ó menor longitud del estilo.

Cuando el hilo polénico llega al ovario continúa internándose por entre las células del tejido placentario hasta llegar á un óvulo. Una vez llegado á uno de ellos, se dirige comunmente, á la micrópila del óvulo,

por donde penetra hasta alcanzar á la oósfera, término del viaje. Tal es el recorrido normal del hilo polénico en la mayor parte de las Angiospermas; más adelante veremos que existen ciertas excepciones por diferencias de conformación ó del ovario ó de los óvulos. Vamos á analizar ahora lo que ha sucedido en el interior de la intina durante toda la germinación.

Se recordará que dentro de cada grano de polen existen dos células una mayor que es la *vegetativa* con su núcleo correspondiente y otra menor, también nucleada con protoplasma granuloso y fácilmente coloreable, y que está separada de la anterior por una simple película de protoplasma condensado. Pues bien, cuando sobreviene la germinación del polen, en el tubo constituido por la intina que se alarga, para lo que recurre muchas veces á las reservas de celulosa que según hemos visto contienen muchos granos de polen, se introduce el núcleo vegetativo con su correspondiente protoplasma. Cuando el tubo ha alcanzado un cierto desarrollo se introduce también en él el núcleo germinativo con su protoplasma y á poco andar ese núcleo se divide cario-quinéticamente en dos, constituyendo así las gametas masculinas ó anterozóides, que en las Angiospermas no son ciliados. Cada una de esas gametas posee un número de cromosomas que es justamente la mitad del que poseen las demás células vegetativas de la planta que se considere. De esas dos gametas que se han originado, una de ellas está destinada á conjugarse con la oósfera para constituir el huevo. En cuanto á la otra gameta, aunque en la mayor parte de las despecies parece que se reabsorbe y se pierde antes de llegar al óvulo, podemos suponer que por analogía con lo que se observa en el lirio martagón está destinada á conjugarse con el núcleo ó núcleos del saco embrionario, para originar el *huevo secundario* que por sus ulteriores biparticiones engendrará el endosperma.

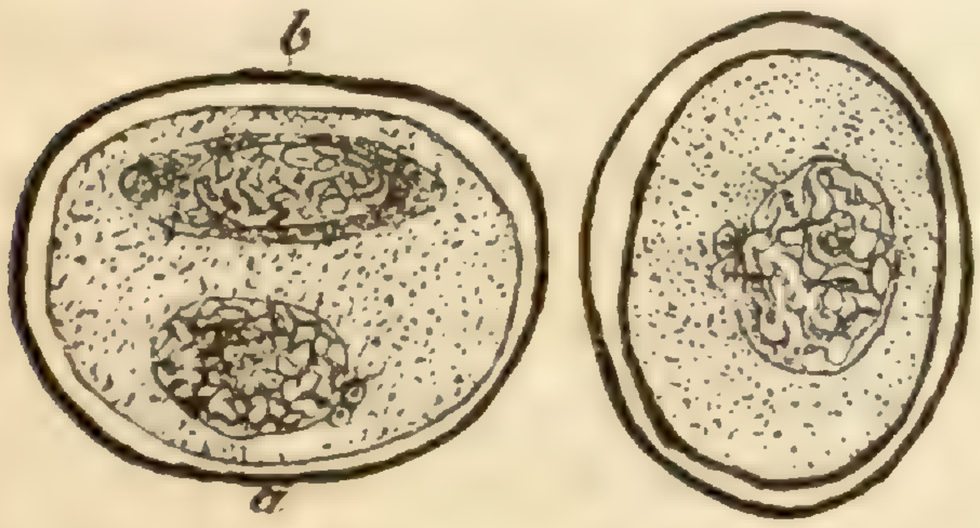


Fig. 123—Dos granos de polen de *Lilium martagón*. El de la derecha es muy joven y recién aislado de los compañeros. En el de la izquierda se han formado los dos núcleos *a* el vegetativo y *b* el germinativo con su protoplasma condensado alrededor.

De modo que, durante el trayecto á través del estilo el hilo polénico se ha nutrido y ha crecido y ese crecimiento y esa nutrición han sido determinados por la presencia del núcleo vegetativo.

Comunmente, por detrás de este núcleo marchan las dos gametas masculinas ó anterozóides y en esa situación se mantienen hasta llegar al óvulo en cuyas circunstancias el núcleo vegetativo, y según parece,

una de las dos gametas, son reabsorbidas y desaparecen, quedando únicamente uno de los anterozoides, que como ya hemos dicho solo posee en su núcleo la mitad de los cromosomas que tienen todas las demás células vegetativas.

Que el hilo polénico se nutre y elabora productos nuevos mientras dura su paso á través del estilo, lo demuestra la existencia de gran número de corpúsculos amilíferos que en muchos casos se desarrollan durante el trayecto.

75. Formación del huevo. — Hemos seguido al hilo polénico hasta su llegada á la micrópila de un óvulo, vamos ahora á terminar la descripción de este viaje hasta el encuentro con la célula femenina.

Pero antes hay que recordar algo de lo ya dicho respecto á la estructura del óvulo en el momento en que la conjugación de las dos gametas va á efectuarse. En tal instante el óvulo posee sus tegumentos y en el interior el nucelo, el que rodea á su vez al saco embrionario. Este último, que debe ser considerado como una célula gigante, encierra á su vez una cierta cantidad de protoplasma con vacuolos, un núcleo y seis células hijas, sin membrana celulósica y repartidas en dos grupos de tres cada uno: tres superiores, de las que dos son las sinérgidas y la tercera la oósfera y tres inferiores y que constituyen las antípodas.

En cuanto á la situación del saco embrionario con respecto á la micrópila, es muy variable, pudiendo haber reabsorvido por completo todas las capas de nucelo que lo separaban del canal micropilar, estar separado de dicho canal por la epidermis ó capa superficial del nucelo únicamente, ó bien, existir varias capas de nucelo á través de las cuales tendrá que pasar el tubo polénico hasta llegar al saco embrionario.

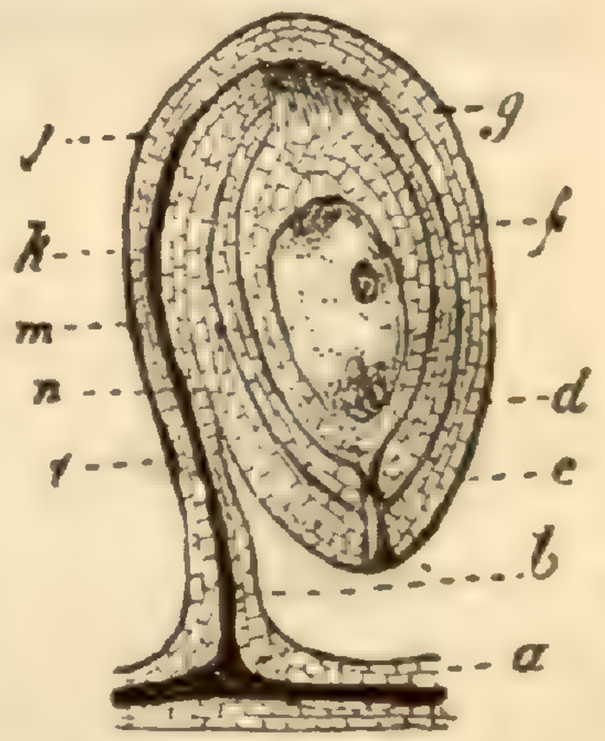


Fig. 124—Corte longitudinal semiesquemático de un óvulo anátropo—*a*, placenta *b*, funículo — *c*, primina — *d*, secundina—*f*, nucelo—*g*, calaza — *j*, rafe — *k*, hacecillo fibro vascular—*m*, saco embrionario que encierra en su interior el núcleo, las células antípodas, las sinérgidas y la oósfera.

Cuando el hilo polénico llega á la micrópila de un óvulo la atraviesa y no encuentra resistencia hasta llegar á la capa ó capas nucelares; como en esta situación la tensión intracelular del tubo polénico es muy grande se explica que concluya por vencer la resistencia que le oponen las células nucelares para impedir el paso, y que se fragüe un pasaje entre ellas, y hasta llegar al saco embrionario.

Llegado al saco embrionario se expande y adapta á él durante una cierta parte de su extensión y donde el contacto

es más íntimo entre el saco embrionario y el hilo polénico, se gelifican las respectivas membranas y se constituye un orificio de comunicación entre las dos grandes células.

Cuando el hilo polénico ha llegado á ponerse en contacto con el saco embrionario, no encierra ya en su interior más que las dos gametas masculinas ó anterozóides habiendo desaparecido todo lo que constituía la parte vegetativa: núcleo vegetativo y contenidos figurados. Una vez operada la gelificación de las membranas se derrama el contenido del hilo polénico dentro del saco embrionario y una de las gametas masculinas se dirige hacia la oósfera, pasando por entre las dos células sinérgidas, ó á través de ellas, y efectúa la conjugacion. Se fusionan primero las esferas atractivas de la gameta masculina con las de la femenina y por fin se opera también la fusion de los núcleos. Desde ese momento el huevo está constituido, pasando á ser una célula completa que posee el mismo número de cromosomas que las demás células vegetativas que constituyen los tejidos de todas las plantas de la misma especie.

Las últimas investigaciones hechas, respecto á la conjugación de las gametas del lirio martagon (*Lilium martagon*), comprueban que hay una doble conjugación; puesto que, mientras que una de las gametas masculinas se conjuga con la oósfera, la otra lo hace con los dos núcleos que han resultado de la bipartición del primitivo núcleo del saco embrionario, constituyéndose así el huevo secundario. En la misma planta las gametas masculinas antes de la conjugación se alargan y encorvan tomando un parecido muy grande con los anterozóides de las Criptógamas vasculares de los que no se distinguen más que por la falta de pestañas.

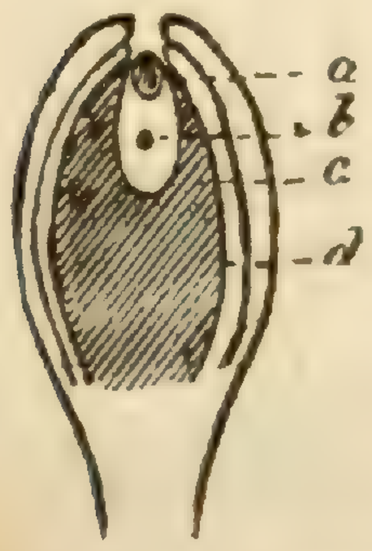


Fig. 125 – Esquema de un óvulo de Angiosperma después de la fecundación – *a*, el huevo—*b*, núcleo del saco embrionario que por sus divisiones originará las células del albumen—*c*, núcleo — *d*, tegumentos.

En la mayor parte de las especies de angiospermas estudiadas la conjugación es simple, y la otra gameta masculina desaparece antes de que la conjugación de su compañera con la oósfera se opere. En tal caso, la célula madre del endosperma, que es la que corresponde al huevo secundario en el lirio martagon, tiene un origen simplemente vegetativo.

76. Formación del embrión y del albumen.—Cuando el huevo se ha constituido, se encuentra dentro del saco embrionario el núcleo de dicho saco; que rodeándose de protoplasma constituirá la célula madre del albumen ó que se conjugará con la segunda gameta masculina para constituir el huevo secundario, origen también del albumen; encontraremos también restos de las células sinérgidas y de las antípodas, cuyas funciones son oscuras y están destinadas á desaparecer, y por fin, el huevo mismo.

Para la constitución definitiva de la almendra bastará que los dos huevos, cuando existen, ó el huevo y la célula madre del albumen se tabiquen y es lo que va á suceder.

El huevo comienza por envolverse en una membrana celulósica y luego se divide carioquinéticamente en dos. De las dos células que se forman, la superior engendrará un organúsculo transitorio que alcanza un desarrollo variable, según las especies, y denominado *suspensor*. El suspensor está destinado á establecer una comunicación constante entre el embrión y el contenido del saco embrionario, ó albumen en vía de formación.—Cuando el embrión alcanza á su máximum de desarrollo el suspensor es reabsorbido y desaparece.

En cuanto á la célula inferior, de las dos en que se ha dividido el huevo es la que vá á erigirse en embrión. No podemos seguir á esta célula en todas las fases de sus sucesivos tabicamientos hasta formar un embrión completo. Baste, pues, que mencionemos, que, por sucesivos tabicamientos se van constituyendo nuevas células y que según la angiosperma de que se trate se llegará á la formación de un embrión perfecto, diferenciado y con el esbozo de todos los órganos y tejidos de la planta, ó permanecerá un estado rudimentario y homogéneo, sin diferenciación ninguna (*Orquidáceas*).

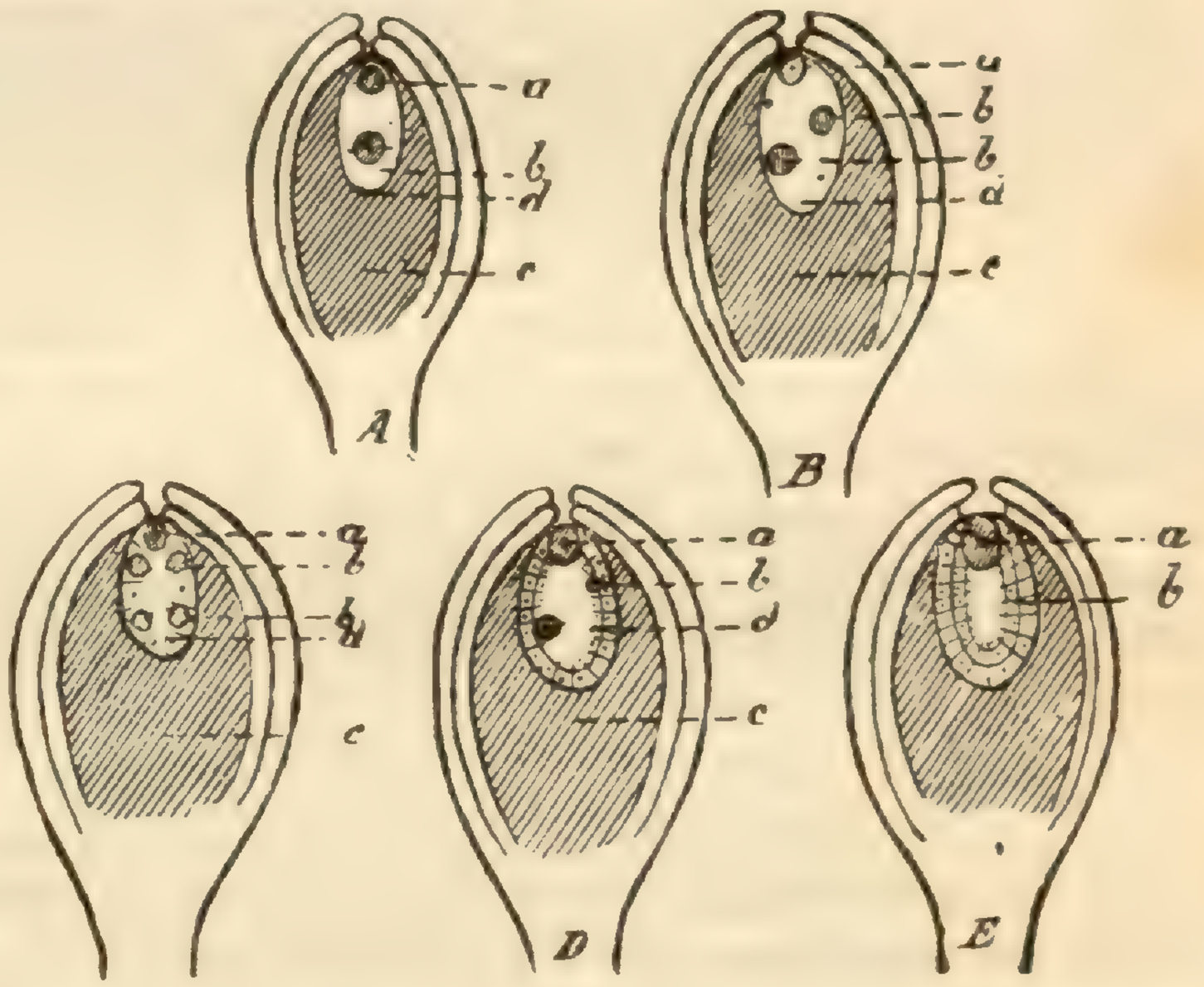


Fig. 126.—Desarrollo del albumen (esquemas)—*A* El óvulo enseguida de la fecundación; *a* el huevo; *b* el nucleo del saco embrionario; *C*, saco embrionario; *d* núcleo. *B*. El núcleo del saco embrionario (*b*) se ha dividido en dos; *C* continúa la división de los núcleos que van recostándose contra la periferia del saco:—*D*. Hay ya una hilera de células y los núcleo siguen dividiéndose; se puede apreciar el modo como se forman los tabiques laterales.—*E*. Una fase más avanzada del desarrollo del albumen (*b*); el embrión (*a*) ha ido creciendo contemporaneamente.

Contemporáneamente con la división del huevo se produce también una primera bipartición del núcleo de la célula madre del albumen (el que

primitivamente fué núcleo del saco embrionario y originado por la fusión de otros dos). De los dos núcleos que resultan se originan cuatro y luego ocho y así sucesivamente hasta la producción de un gran uúmero de ellos que ván poco á poco rodeándose de una cierta cantidad de protoplasma y recostándose contra la pared ó membrana primitiva del saco embrionario; de modo que en esta fase del desarrollo de la semilla se observa una gran célula gigantezca (el primitivo saco embrionario) que encierra en su interior el huevo, más ó menos diferenciado en su embrión y suspensor, y además un gran número de núcleos en gran actividad; en desórden aparente los más centrales y acomodados contra la membrana del saco, los que primitivamente se formaron. Ahora bien, cada uno de esos núcleos con su correspondiente cantidad de protoplasma alrededor ó bien, cada dos ó cada cuatro núcleos según los casos, se van erigíendo en otras tantas células, por la aparición de tabiques celulósicos radiales que los van aislando lateralmente, y la ulterior producciónu de otros tabiques perpendiculares qne separan á las células neoformadas, de la gran cavidad del saco embrionario. Mientras tanto continúa la actividad carioquinética de los núcleos, que están libres en el saco embrionario y la primitiva hilera periférica se agrega otra y otra más, hasta colmar más ó menos por completo todo el espacio del saco embrionario primitivo. Esas celulas se llenan después de diversos productos que caracterizan á las respectivas semillas; elaborando algunas sustancias grasas, almidón otras, celulosa aquellas, etc.

En cuanto al desarrollo definitivo á que llega el albumen varía con el desarrollo del embrión. Si el embrión es pequeño y poco diferenciado, la cantidad de albumen es generalmente grande y permanece como tal hasta que la germinación sobrevenga: época en la cual el embrión lo aprovecha para su transformación en plantita; si, por el contrario, la semilla es de las que posee un embrión muy diferenciado (*Leguminosas*, *Rosáceas*, etc.), el albumen es consumido todo ó en parte y las reservas que sus células debían encerrar pasan á estar contenidas en el embrión mismo (generalmente en los cotiledones).

Durante todas estas trastormaciones en el interior del saco embrionario, este ha ido ensanchando su membrana y ocupando dentro del nucelo nuevos lugares: esa usurpación de espacio la efectúa á expensas de las primitivas células del núcelo, las que contribuyen con sus propias sustancias para la nutrición de los invasores, y hasta el extremo de que cuando el desarrollo de la almendra es completo, ésta ha llegado á ponerse en contacto con los primitivos tegumentos del óvulo y todo rastro de nucelo ha desaparecido.

Como se recordará, no en todas las semillas pasa eso, sino que en

algunas, como las de las *Piperáceàs*, el saco embrionario con sus células hijas no es tan invasor y en tal caso cuando la semilla está completa se encuentra por debajo de los tegumentos una primera reserva denomidada *perisperma* y que está formada por las primitivas células nucelares con corpúsculos orgánicos en su interior. Dentro del perisperma se encuentra recién la segunda reserva ó albumen y el embrión.

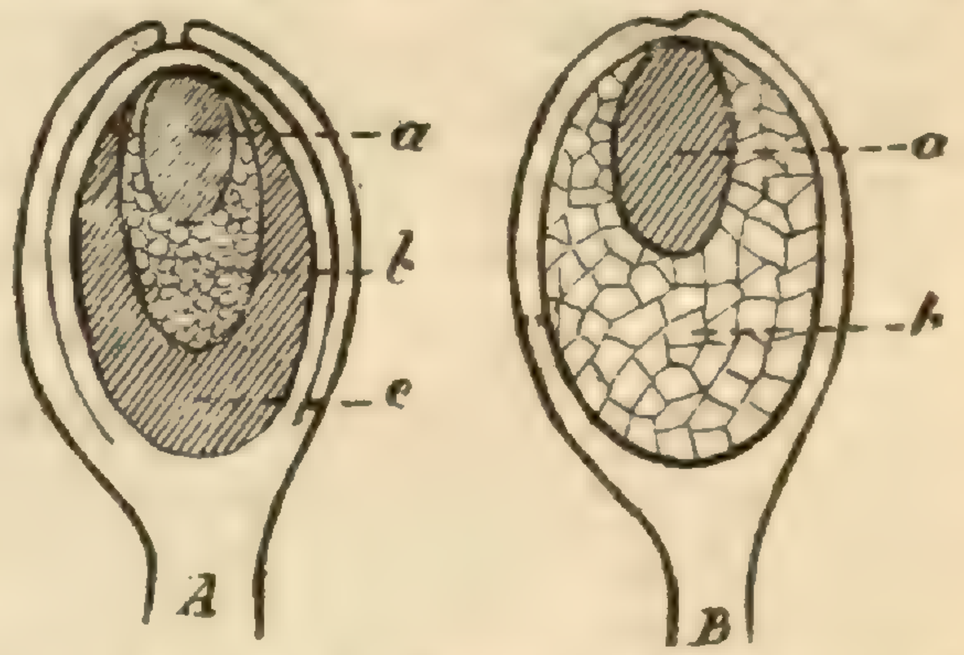


Fig. 127—*A*. Esquema de una semilla con albumen (*b*) formado en el iuterior del primitivo saco embrionario y perisperma (*c*) constituído á expensas del nucelo—*a*, el embrión—*B*. Una semilla que solo posee albumen; (*b*) el nucelo ha sido absorbido—*a*, el embión.

Tal es, á grandes rasgos, la génesis de la semilla en la mayor parte de las Angiospermas y salvo un grau número de detalles que no alteran fundamentalmente la descripción dada.

Con la reproducción por semilla llegamos al más perfecto grado de perfeccionamiento de la reproducción sexual en el reino vegetal.

No hacemos más que señalar, como excepciones muy dignas de tenerse en cuenta, respecto á detalles de estructura y de la fisiología de la reproducción de las Angiospermas, los casos de simplificación que se observan en las agrupaciones de plantas denominadas *inuceladas* ó *inovuladas* y constituídas, las primeras por las *Santaláceas* y otras familias próximas reunidas comunmente en una agrupación común y las segundas por las *Lorantáceas*, *Balanoforáceas*, etc., y que presentan particularidades muy características. Las inuceladas tienen óvulos tan rudimentarios que solo están reducidos á la extremidad de un funículo formado por un macizo de pocas células, una de las cuales se erige en saco embrionario. Y las inovuladas simplifican más aún las formas, porque los sacos embrionarios se diferencian á expensas de las células del parénquima carpelar: de una de las células de las placentas, cuando hay placentas diferenciadas y á expensas de una de las células epidérmicas del interior del carpelo, si no hay placentas.

En las *Balanoforáceas* hay que observar también que á pesar de que en el interior del saco embrionario se forman el mismo número y la misma calidad de células hijas que en las otras Angiospermas, sin embargo puede actuar como oósfera indistintamente la oósfera ó una de las antipodas.

En las *Santaláceas* el trabajo de organizar un óvulo rudimentario es también inútil porque de los varios que se forman, solo uno se fecunda y ese mismo antes de llegar á convertirse en semilla se atrofia y desaparece; constituyéndose así frutos sin semilla (*iniseminados*).

77.—Fecundación cruzada, hibridismo, partenogénesis, apogamia.—A pesar de que la disposición de los organos sexuales de muchas flores hermafroditas sea de las más favorables para que la fe-

cundación sea directa se obtiene siempre mejor resultado cuando la fecundación es cruzada. Los experimentos realizados con gran minuciosidad y paciencia por el insigne *Darwin*, demuestran perfectamente la verdad de ese aserto. Más aún, si en un jardín se encuentra un cierto número de plantas de la misma especie, y la fecundación de las flores se hace con el polen de las vecinas, aunque la fecundación sea cruzada los productos irán degradándose cada vez más, hasta originar generaciones pequeñas y raquíticas y comunmente estériles. Si se efectúa un cruzamiento, por medio de polen extraido de flores de otro campo ó jardín, los productos serán mejores.

Entre las variedades de una misma especie el cruzamiento es también muy común y con la particularidad de que los productos son también mejores, más robustos y más fértiles. Esta forma de cruzamiento es la que se denomina *hibridismo* entre variedades.

Pero el hibidrismo propiamente dicho es el que resulta de la fecundación cruzada entre especies distintas, aunque del mismo género.

Pues bien, al revés de lo que hemos visto para el cruzamiento entre plantas iguales, ó de distintas variedades aunque de las mismas especies, el hibridismo entre especies produce generaciones que no son fértiles ó por lo menos poco fecundas.

En las diversas formas de cruzamiento los productos participan de lós carácteres de las dos plantas que suministraron las gametas, y, no solo desde el punto de vista morfológico, sino fisiológico; de modo que por este medio se pueden obtener en la industria variedades nuevas que participen de los mejores carácteres de las plantas *padres*.

Generalmente, los carácteres de las plantas originarias se heredan por igual, de tal manera, que la forma de las hojas de la planta-producto, será la intermedia entre las formas de las hojas de las plantas *padres*; que los colores de las corolas serán intermediarios, etc., y salvo que se produzca el fenómeno de la *dicotipía* que consiste en que la planta que resulta de un cruzamiento entre variedades ó entre especies no posee carácteres intermediarios, sino que ostenta en ella misma los carácteres de la planta *padre* y los de la planta *madre*. Supongamos que se han cruzado dos plantas de las que una, la que dió el polen, por ejemplo, tiene flores de un color rosado, y la otra, la que dió el óvulo, las posee azules, pues bien, la regla general quiere que la semilla que resulte de ese cruce germine y produzca una planta que dé flores moradas y si la planta nos suministra en una rama flores rosadas y en otra azules diremos que hay dicotipía.

Apogamia.—Se dice que hay apogamía cuando una planta sexual se reproduce vegetativamente, á pesar de tener órganos bien desarrollados y en buenas condiciones de funcionamiento.

Un caso especial de la apogamia es la *partenogénesis* ó reproducción virginal, en la que se originan semillas con embriones de apariencia normal y originados por una oósfera que no ha recibido el contacto de la célula masculina. Los ejemplos de partenogénesis son muy frecuentes, no solo en las *Fanerógamas*, sino también en las *Criptógamas*. Mencionaremos únicamente el ejemplo clásico de la *Cœlebogyne ilicifolia*, una euforbiácea dióica de la que se cultivan en Europa individuos femeninos y la cual, á pesar de que no existen en el continente ejemplares masculinos, produce semillas bien conformadas.

En las *Criptógamas vasculares* se puede indicar como ejemplo de apogamia el que presentan algunos helechos del género *Pteris*, que no desarrollan en sus protalos más que anteridios y que son capaces, sin embargo, de engendrar el individuo esporófita de una manera vegetativa.

En las *Talófitas* tendremos oportunidad de constatar diversos ejemplos de apogamia, tal como la que tiene lugar en los *Mohos* (*Mucor mucedo*), que cuando sus dos gametas van á conjugarse para constituir el huevo, suelen no llegar á tocarse y entonces cada una de ellas, ó las dos, se transforman en un germen capaz de producir vegetativamente la generación que correspondía al huevo. Esos gérmenes, que no son más que gametas que no han llegado á fusionarse se denominan *zigosporos*.

Aposporia.—Entre las plantas que poseen reproducción asexual se encuentran también múltiples ejemplos de que no se aprovechen los esporos para la procreación, sino que los nuevos individuos se originen vegetativamente sobre los tejidos del esporófita. Estos casos se denominan de *aposporia*. Se puede citar como ejemplo lo que sucede en algunos musgos, cuyos esporogonios son susceptibles de dividir las células vegetativas de su pedúnculo ó seda hasta constituir un individuo sexual, y prescindiendo por completo de los esporos que encierran en su cápsula esporangífera.

FIN DEL TOMO PRIMERO

Raúl Murillo Velarde

INDICE

Página

CAPÍTULO I—*Generalidades* 3

1. Definiciones **3**—2. Botánica pura y aplicada **4**—5. Botánica Médica **4**—4. Caracteres diferenciales entre animales y vegetales **5**—5. Formas y organización de los vegetales **7**.

CAPÍTULO II—*Anatomía vegetal—Célula* 10

6. Generalidades **10**—7. Protoplasma **12**—8. Núcleo **16**—9. Membrana **18**—10. Contenidos celulares figurados **24**—11. Redroducción de las células **31**.

CAPÍTULO III—*Formas celulares típicas—Tejidos* 39

12. Formas celulares típicas **39**—13. Tejidos **45**—14. Tejido fundamental **47**.

CAPÍTULO IV—*Tejidos epidérmicos y fibro-vasculares* 56

15. Tejidos epidérmicos **56**—16. Tejidos fibro-vasculares **63**—17. Estereomas **72**—18. Tejido secretor **73**.

CAPÍTULO V—*Organografía—La Raíz* 75

19. Caracteres generales de la raíz **76**—20. Raíces terminales y raíces laterales **79**—21. Modificaciones de las raíces **80**—22. Estructuras de las raíces **82**—23. Ramificación de las raíces y origen de las radículas **89**—24. Fisiología del crecimiento **91**.

CAPÍTULO VI—*El tallo* 97

25. Definición y divisiones **97**—Caracteres generales **98**—27. Ramificación **102**—28. Modificaciones y adaptaciones del tallo **103**—29. Estructura primaria del tallo **106**—30. Estructura secundaria del tallo **110**—31 Estructura del cuello del vegetal **118**—32. Fisiología del crecimiento **119**.

Página

CAPÍTULO VII—*La hoja* 124

33. Definición y caracteres generales **124**—34. Morfología externa **124**—35. Ramificación de la hoja **130**—36. Adaptaciones de la hoja **132**—37. Filotaxis **136**- 38. Yemas y prefoliación **138**-39. Estructura de las hojas **140**.

CAPÍTULO VIII—*La flor* 146

40. Definición y natnraleza d› la flor .**46**—41. Caracteres generales **148**—42. Inflorescencias **151**—43. Cáliz **154**—44. Corola **158**—45. Preflora-ción **159**—46. Androceo **161**—47. Polen **169**—48. Gineceo **171**—49. Ovu-los **176**—50. Nectarios **182**.

CAPÍTULO IX—*El fruto y la semilla.* 185

51. Generalidades **185**—52. Clasificación de los frutos **187**—53. Estructura de los frutos; causas de la dehiscencia **192**—54. La Semilla **194**—55. Ger-minación **199**.

CAPÍTULO X—*Nutrición* 204

56. Generalidades **204**—57. Composición química de los vegetales **205**—58. Alimentos de los vegetales **221**—59. Absorción y digestión **223**—60. Circulación **227**—61. Asimilación de los alimentos **232**—62. Impor-tancia de la clorófila; formas de vida **240**—63. La respiración **243**—64. La transpiración y la sudación **247**—65. Las secreciones **253**—66. Re-sumen de las funciones de la nutrición **254**.

CAPÍTULO XI—*La reproducción* 255

67. Generalidades **255**—68. La reproducción asexual **256**—69. La repro-ducción sexual—70. La reproducción de las Muscineas **265**—71. La repro-ducción de las Criptógamas vasculares **269**—72. La reproducción de las Fa-nerógamas **273**—73. Polenización **273**—74. Germinación del polen **277**75. Formación del huevo **279**—76. Formación del embrión y del albu-men **280**—77. Fecundación cruzada, hibridismo, partenogénesis, apo-gamia **283**.